This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

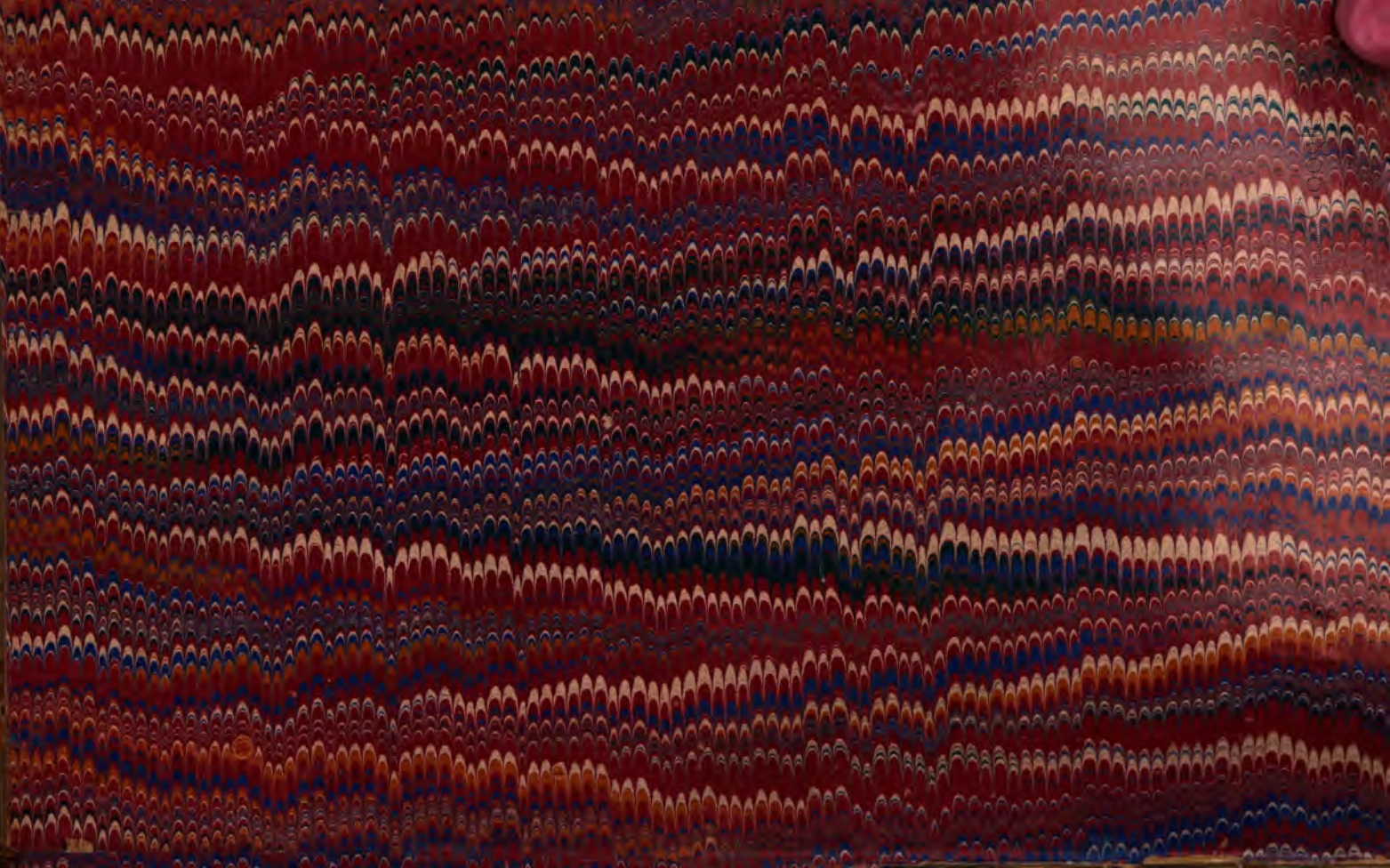
TP
270
M6

C 18440

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
University of California.

No. 10970
Division
Range
Shelf
Received April 19, 1876.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Digitized by Google

Handbuch

der

chemischen Technologie.

In Verbindung

mit

mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet,

und herausgegeben

von

Dr. P. Bolley,

weil. Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt

von

Dr. A. Birnbaum,

Professor der technischen Chemie an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe.

Acht Bände,

die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

Sechsten Bandes dritte Gruppe:

Das Schießpulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation.

Zweite Abtheilung:

Die Explosivkörper und die Feuerwerkerei.

Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1874.

Digitized by Google

Die

Explosivkörper

und die

Feuerwerkerei.

Bearbeitet

von

Dr. E. v. Meyer.

UNIVERSITY
Library.
Of California.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1874.

Digitized by Google

Die Herausgabe einer Ueberſetzung in franzöſiſcher und engliſcher Sprache, ſowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

10770

Digitized by Google

Vorwort.

Die in dieser Abhandlung bearbeiteten Gegenstände schließen sich eng an die in der vorhergehenden dargestellte Fabrikation des Schießpulvers an, indem einerseits die im ersten und zweiten Abschnitte behandelten Explosivstoffe mehr oder weniger geeignete Surrogate des Pulvers sein sollen, andererseits ein großer Theil der im dritten Abschnitte besprochenen Zündungen und Feuerwerkssätze mit dem Schießpulver auf das Engste zusammenhängt, ja von demselben kaum zu trennen ist. Durch die in demselben Abschnitte besprochenen Frictionszündungen ist auch der Zusammenhang mit der von Jettel bearbeiteten Abhandlung „über Zündhölzchenfabrikation" gesichert.

In den dritten Abschnitt wurden die Feuerlöschdosen wegen ihrer Verwandtschaft mit mehreren Feuerwerkssätzen aufgenommen. — Auch wurde es für zweckmäßig erachtet, die Luftfeuerwerkerei nicht, wie bei der Anlage des ganzen Werkes beabsichtigt war, völlig auszuschließen.

Endlich ist noch zu bemerken, daß durchgehend die neuen im deutschen Reiche gültigen Maß- und Gewichtseinheiten den bezüglichen Angaben zu Grunde liegen; die Temperaturgrade gehören, wenn nicht anders bemerkt, der hunderttheiligen Scala (Celsius) an. Für die in den chemischen Formeln auftretenden Elemente gelten die in neuerer Zeit fast allgemein adop-

Digitized by Google

tirten Atomgewichte. In der folgenden Tabelle sind die Grundstoffe, welche für diese Abtheilung in Betracht kommen, mit den zugehörigen Atomgewichten aufgeführt:

Antimon . . .	Sb 122	Natrium	Na 23
Arsen	As 75	Phosphor . . .	P 31
Barium	Ba 137	Quecksilber . .	Hg 200
Calcium	Ca 40	Sauerstoff . .	O 16
Chlor	Cl 35,5	Schwefel. . . .	S 32
Kalium	K 39	Silber	Ag 108
Kohlenstoff . .	C 12	Stickstoff	N 14
Kupfer	Cu 63,4	Strontium . .	Sr 87,5

E. v. M.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Erster Abschnitt.

Dem Schießpulver verwandte Pulversorten 2

Erstes Capitel. Gemenge, welche die Bestandtheile des Schießpulvers in abgeänderten Verhältnissen enthalten . . . . . —

Zweites Capitel. Pulversorten mit Surrogaten für Kalisalpeter 4

Pulver mit salpetersaurem Natron 5

Barytische Pulver 7

Pulver mit chlorsaurem (resp. überchlorsaurem) Kali 8

Drittes Capitel. Pulver mit Surrogaten für Holzkohle 13

Zweiter Abschnitt.

Die durch Salpetersäure aus organischen Substanzen erhaltenen Explosivkörper 15

Erstes Capitel. Schießbaumwolle (und Collodium) 16

Geschichtliches . . . . . —

Fabrikation der Schießwolle 19

Eigenschaften der Schießwolle 24

Bildungsweise und Zusammensetzung 25

Zersetzungserscheinungen der Schießwolle 28

Anwendung der Schießwolle 33

Verpackung, Aufbewahrung, Transport 40

Production 41

Anhang: Collodium, seine Bereitung und Anwendung 42

Zweites Capitel. Andere Pyroxylinsubstanzen 44

Pyropapier — Schultze'sches Pulver 45

Lannoy's weißes Pulver — v. Uchatius' Pulver 46

Drittes Capitel. Explosivkörper aus Zuckerarten 47

Knallzucker . . . . . —

Nitromilchzucker — Nitromannit 48

Viertes Capitel. Pulver mit Pikrinsäure und deren Salzen 49

Einige Diazoverbindungen 51

Fünftes Capitel. Nitroglycerin und Nitroglycerinpräparate . . . . . —

Historisches . . . . . —

Fabrikation des Nitroglycerins 52

Eigenschaften und Zusammensetzung 58

Digitized by Google

Seite
Zersetzungserscheinungen des Nitroglycerins 60
Anwendung desselben 63
Methylisirtes Sprengöl 66
Nitroglycerinpräparate. — Dynamit . . . . . —
Sprengungen mit Dynamit in der Civil- und Militärtechnik 71
Andere Präparate mit indifferenten Zusätzen 75
Nitroglycerin mit wirksamen Zusätzen 76
Lithofracteur 77
Dualin 79
Aufbewahrung, Verpackung und Transport der Nitroglycerinpräparate . 80
Production und Consumtion des Nitroglycerins und seiner Präparate . 81
Sechstes Capitel. Knallqueckfilber (als Anhang: Knallfilber und Knallgold) 82
Darstellung des Knallqueckfilbers 83
Eigenschaften und Constitution 84
Zersetzungserscheinungen 85
Knallfilber und Knallgold 86

Dritter Abschnitt.

Zündhütchenfabrikation und Feuerwerkerei 88
Erstes Capitel. Percussions- und Frictionszündungen . . . . . —
Zündhütchenfabrikation . . . . . —
Anfertigung der Hütchen 89
Bereitung des Zündsatzes 94
Körnen desselben 95
Laden der Hütchen 96
Aufbewahrung, Transport der Zündhütchen 103
Andere Percussionszündungen . . . . . —
Zündspiegelsätze. Zündnadelpatrone 104
Frictionsschlagröhren 106
Zweites Capitel. Zündungen, welche aus langsamer abbrennenden Gemischen bestehen 107
Allgemeines über Feuerwerkssätze . . . . . —
Fundamentalsätze 108
Zündungen 109
Elektrische Zünder 112
Drittes Capitel. Die wichtigsten Feuerwerkssätze 113
Leuchtsätze 114
Farbige Feuer 115
Gemischte Farben 119
Funkenfeuersätze 120
Treibsätze (Raketen) 121
Stankkugelsätze 123
Feuerlöschdosen . . . . . —
Brandsätze 124
Flüssige Feuer 125
Analytische Prüfung der Feuerwerkssätze . . . . . —
Anhang: Nachweisung literarischer Hülfsquellen 127

Digitized by Google

Einleitung.

Das Schießpulver hat im Laufe der letzten fünf Jahrhunderte einen mächtigen Einfluß auf unsere gesammte sociale Entwicklung ausgeübt. Nachdem dasselbe drei Jahrhunderte lang nur in der Kriegskunst, in welcher es eine totale Umwälzung bewirkte, Anwendung gefunden hatte, begann vor etwa 200 Jahren sein Gebrauch zum Sprengen in Bergwerken. Bis vor Kurzem war seine Herrschaft auf diesem Gebiete unbestritten; auch bei Straßen-, Tunnel- und Eisenbahnbauten hatte das Pulver die trefflichsten Dienste geleistet. Dennoch sehnte man sich nach wirksameren, auch unter ungünstigsten Verhältnissen anzuwendenden Sprengmitteln. Verbesserungsvorschläge tauchten wohl auf, entsprachen aber in nur mangelhafter Weise den praktischen Bedürfnissen, bis durch die Entdeckung neuer, von organischen Substanzen sich ableitender, Explosivkörper eine ganz neue Aera, namentlich für die Sprengtechnik, begann.

Mit dem lebhaftesten Interesse und einem wahren Feuereifer wurden Versuche mit der zuerst entdeckten Schießbaumwolle gemacht, welche sowohl in Feuerwaffen, als zu Sprengungen angewendet werden sollte. Ist die Möglichkeit des Gebrauchs in ersteren auch keineswegs ausgeschlossen, so liegt doch die wahre Bedeutung der Schießwolle und der zahlreichen, ihr verwandten Explosivstoffe in der gewaltigen, alle Hindernisse beseitigenden, Sprengwirkung. Diese kann, wenn sie einen hohen Grad erreicht und in sehr kurzer Zeit zur Geltung gelangt, den Schießwaffen geradezu verderblich werden, während diese Eigenschaft (brisante Wirkung) bei Sprengmitteln nicht nur gestattet, sondern erwünscht ist.

Die in neuerer Zeit empfohlenen und eingeführten explosiven Körper, resp. Gemenge, stehen zum Theile in nächster Beziehung zu dem Schießpulver, indem sie dessen Bestandtheile ganz oder partiell beibehalten haben; ein großer Theil, und gerade die durch kräftigste Wirkungen ausgezeichneten Explosivstoffe, sind ohne allen Zusammenhang mit den ersteren; sie werden aus organischen Substanzen durch Einwirkung von Salpetersäure (Nitrificirung) dargestellt.

Daraus ergiebt sich eine natürliche Eintheilung unseres Gegenstandes: Im ersten Abschnitte werden die dem Schießpulver verwandten Pulversorten, im zweiten die durch Nitrificirung erhaltenen Explosivkörper abgehandelt werden, während im letzten die Fabrikation und Anwendung der wichtigsten Zündungen und Feuerwerkssätze zu besprechen sind.

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Dem Schießpulver verwandte Pulversorten.

Erstes Capitel.

Gemenge, welche die Bestandtheile des Schießpulvers in abgeänderten Verhältnissen enthalten.

Schon in frühen Zeiten hat man Abänderungen des Schießpulvers versucht, theils um ein wohlfeileres Pulver zu erhalten, theils um größere Wirkungen zu erzielen. Häufig haben beide Motive zusammengewirkt: so bei der Herstellung von Sprengpulvern, in welchen der Salpetergehalt herabgedrückt ist, während Schwefel und Kohle in größerer Menge erscheinen. Man ging dabei von der Voraussetzung aus, daß bei vermehrtem Kohlegehalt die Pulvergase wesentlich aus Kohlenoxyd und Stickstoff bestehen werden, und ihre Menge also erheblich gesteigert werde.

In gleichem Sinne und der langsameren Entwicklung der Pulvergase wegen hat General Piobert[1]) eine Verminderung des Salpeters für Geschützpulver vorgeschlagen.

Bennet[2]) empfahl, zu den Bestandtheilen des gewöhnlichen Pulvers zur Erhöhung der Festigkeit Kalk, Gyps oder guten Cement zuzusetzen. Für Sprengpulver ist folgende Mischung geeignet: 65 Thle. Kalisalpeter, 18 Thle. Kohle, 10 Thle. Schwefel und 7 Thle. Kalk. Die Gemengtheile werden zu einer steifen Paste innig verarbeitet, welche zerkleinert wird; das fertige Pulver soll ein festes Korn besitzen. Erfahrungen über diese Composition liegen nicht vor.

Noch mehr weicht von dem gewöhnlichen Schießpulver das Neumeyer'sche Pulver ab, welches in der Praxis eine im Ganzen günstige Beurtheilung erfahren hat. Bei dieser von G. A. Neumeyer (in Taucha bei Leipzig) angefertigten Mischung ist der Schwefelgehalt ziemlich bedeutend vermindert, während die Menge der Kohle entsprechend vermehrt ist. Nach dem englischen Patente[3]) bestehen 100 Thle. des neuen Pulvers aus 75 Thln. Salpeter, 18¾ Thln. Kohle und

---

[1]) R. Wagner's Jahresber. f. 1862, S. 272. In den späteren Citaten ist dieser Bericht unter der Bezeichnung „Jahresber." aufgeführt. — [2]) Jahresber. 1863, S. 313. — [3]) Jahresber. f. 1867, S. 245.

Digitized by Google

6¼ Thln. Schwefel. Eine spätere Mittheilung [1]) giebt andere Verhältnisse der drei Bestandtheile an: 72 Thle. Salpeter, 18 Thle. Holzkohle und 10 Thle. Schwefelblumen werden in einem Cylinder von Holz oder Kupfer nach Zusatz von etwa 40 Procent Wasser durch eine Welle mit radialen Armen 14 Minuten lang gemengt. Das nach dieser Procedur getrocknete Pulver ist gebrauchsfähig.

Die von Neumeyer hervorgehobenen und durch Sprengversuche [2]) bei Staßfurt, Taucha, im Mansfeldischen, sowie in englischen Schiefer- und Granitbrüchen bestätigten Eigenschaften des Pulvers, seine Vorzüge dem gewöhnlichen Schießpulver gegenüber, bestehen in der größeren Wirksamkeit und Wohlfeilheit, namentlich jedoch in der gefahrloseren Handhabung. Die letztere geht aus Versuchen von Wohlfarth hervor, welcher constatirte, daß das Pulver durch Druck und Stoß nicht zur Entzündung gebracht werden kann und nur im geschlossenen Raume explodirt. Derselbe fand auch, daß dasselbe neben der größeren Wirksamkeit in hartem Gestein (z. B. Syenit) einen geringeren Rückstand hinterläßt und weniger Rauch veranlaßt, als Schießpulver. Diese beiden Umstände, verbunden mit dem größeren Effect, sind besonders bei der Frage, ob das Neumeyer'sche Pulver in Feuerwaffen Anwendung finden kann, zu beachten. Schießversuche, welche von dem Artilleriehauptmann Heß und zu le Bonchet angestellt wurden, ergaben ein günstiges Resultat; wenigstens war die dem Projectil ertheilte Anfangsgeschwindigkeit eine größere, als bei Anwendung von Geschützpulver. Endlich wird noch als Vorzug die geringe Hygroskopicität hervorgehoben; auch soll das befeuchtete und nachher getrocknete Pulver seine explosiven Eigenschaften nicht einbüßen.

Wenn man auch die günstigen Erfolge dieses Pulvers aus seiner Zusammensetzung, welche vielfach als nicht rationell bezeichnet worden ist, nicht genügend zu erklären vermag, so darf doch demselben eine Bedeutung nicht abgesprochen werden. Auffallend bleibt allerdings, daß in den letzten vier Jahren keine weiteren Versuche bekannt geworden sind. Die sanguinischen Hoffnungen, welche bei Einzelnen [3]) so weit gingen, daß eine Verdrängung des Schießpulvers für möglich gehalten wurde, waren jedenfalls nicht begründet.

Der Versuch, an Schwefel ärmere Pulvermischungen zu bereiten, ist nicht neu; ein älteres, nach Champy's Vorschrift bereitetes Pulver enthielt nach einer Analyse von Meyer [4]) 76,3 Thle. Salpeter, 18,9 Thle. Kohle und 4,8 Thle. Schwefel. Auch von Jones war ein ähnlich zusammengesetztes Pulver in Vorschlag gebracht worden.

Man ist noch weiter gegangen und hat den Schwefel aus dem Schießpulver vollständig verbannen wollen, ohne ein Surrogat einzuführen. Jedoch ist dieser Bestandtheil so wesentlich, sowohl in chemischer als mechanischer Hinsicht, daß solche Pulversorten nur eine beschränkte Anwendung gefunden haben. Während man gerade den Schwefel hat beseitigen wollen, um ein die Feuerwaffen weniger angreifendes Pulver herzustellen, hat man andererseits seiner Transportfähigkeit in hohem Grade geschadet; denn schwefelfreies Pulver hat die Neigung, nach kurzer Frist in Staub zu zerfallen.

---

[1]) Jahresber. f. 1868, S. 301. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **182**, 248, und **184**, 164. — [3]) Vergl. Dingler, polyt. Journ. **184**, 164. — [4]) Jahresber. f. 1866, S. 234.

Digitized by Google

Das sogenannte Haloxylin, welches von Gebr. Fehleisen (in Graz) in den Handel gebracht ist, sollte nur zu Sprengungen dienen. Dasselbe besteht nach englischen Angaben [1]) aus 45 Thln. Kalisalpeter, 9 Thln. Sägespänen und 3 bis 5 Thln. Holzkohle (gewöhnlich wird noch 1 Thl. Ferricyankalium zugesetzt). Die harzfreien Sägespäne werden mit der Kohle (von leichtem Holze) und dem Salpeter, nach Zusatz von einem Liter Wasser auf 50 Kg der Masse, innig gemischt, sodann, wie Schießpulver, gekörnt und getrocknet; eine Politur der Körner ist nicht erforderlich.

Das Haloxylin verbrennt weit langsamer, ist auch schwerer entzündlich, also auch gefahrloser, als Pulver. Sprengversuche bei Idria [2]) und im Mansfeldischen fielen günstig aus. Der Rauch soll unbedeutend und für die Respirationsorgane weniger fühlbar sein, als der des Schießpulvers. Die Wirkung im festen Kalk wird auf das $2^1/_2$-fache von der des Pulvers angegeben; wesentliche Bedingung zur Erreichung des besten Effects ist ein sehr fester Besatz des Bohrloches.

Der Preis des Haloxylins stellt sich in Idria geringer, als der des Schießpulvers. — Im Jahre 1867 bestanden drei Haloxylinfabriken in Steiermark, Ungarn und Mähren; eine später bei Prag angelegte flog 1869 in die Luft.

Ein anderes, bei Aachen versuchtes [3]) Sprengpulver enthält nur Natronsalpeter und Steinkohlenpulver. Das Pulver von Liesch soll aus Kalisalpeter und Koakspulver bestehen.

In dem folgenden Capitel, welches die Pulversorten aufführt, in denen man den Salpeter durch analog wirkende Salze zu ersetzen gesucht hat, sind noch mehrere schwefelfreie Gemenge angegeben; jedoch erscheinen in denselben andere Bestandtheile, welche als Ersatz für den Schwefel wirken sollen.

Zweites Capitel.

Pulversorten mit Surrogaten für Kalisalpeter.

Die Zahl der Pulvermischungen, in welchen man den Kalisalpeter partiell oder total durch andere Sauerstoff abgebende Körper ersetzt hat, ist in den letzten 20 Jahren zu einer sehr bedeutenden angewachsen. Die meisten derselben haben in der Praxis nur eine untergeordnete Bedeutung erlangt; über viele liegen keinerlei Erfahrungen vor, so daß bei solchen nur die Componenten und ihre Mischungsverhältnisse angegeben werden können.

Man hat wesentlich zwei Wege eingeschlagen, um den durch seine Beschaffenheit sich besonders eignenden Kalisalpeter zu ersetzen, einmal durch Anwendung anderer salpetersaurer Salze (meistens im Interesse der Wohlfeilheit) und sodann

[1]) Jahresber. f. 1867, S. 244. — [2]) Jahresber. f. 1866, S. 235. — [3]) Jahresbericht f. 1860, S. 207.

Digitized by Google

durch Einführung von chlor- (oder überchlor)-sauren Salzen (zur Erreichung größerer Wirkung). Zum Gebrauch in Feuerwaffen sind, wie sich voraussehen läßt, alle die so bereiteten Pulver wenig geeignet, da sie entweder zu brisant wirken und auch chemisch die Geschützröhre ꝛc. angreifen, wie die sogenannten muriatischen Pulver, oder hygroskopisch sind (z. B. Gemenge mit salpetersaurem Natron), oder endlich einen bedeutenden Rückstand hinterlassen (barytische Pulver).

In einigen Fällen erscheint auch das chromsaure Kali als Sauerstoff abgebender Gemengtheil, jedoch in ganz untergeordneter Weise.

Pulversorten, in welchen der Kalisalpeter ganz oder theilweise durch andere salpetersaure Salze ersetzt ist.

Pulver mit salpetersaurem Natron ($NaNO_3$).

Das salpetersaure Natron, welches, als Chilisalpeter in den Handel kommend, sich durch Billigkeit vor dem Kalisalpeter auszeichnet, hat auch den Vorzug, daß es wegen des geringeren Atomgewichts des Natriums in einer dem Salpeter gleichen Gewichtsmenge mehr Sauerstoff enthält, also auch einer größeren Kraftentwicklung fähig ist, als jener. Jedoch hat die Anwendung des Natronsalpeters zu Pulversätzen, welche lange in unverändertem Zustand aufbewahrt werden sollen, mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen. Seine hygroskopischen Eigenschaften laufen geradezu den Anforderungen, welche an ein wirksames Schießpulver gestellt werden, zuwider. Zwar soll das ganz reine salpetersaure Natron völlig luftbeständig sein; jedoch hat das käufliche stets einen schwer zu entfernenden Gehalt an den Nitraten und Chloriden von Kalk und Magnesia, welche nach Gentele[1]) die hygroskopischen Eigenschaften bedingen. Diesem Uebelstande des Natronsalpeters suchen Roberts und Dale[2]) dadurch zu begegnen, daß sie solchen Pulvern 10 bis 18 Proc. entwässertes schwefelsaures Natron (oder schwefelsaure Magnesia) beimengen, welche Zusätze das Feuchtwerden verhüten sollen.

Ob der von Craig[3]) gemachte Vorschlag, andere salpetersaure Salze (von Kalk, Magnesia) durch Ueberziehung mit einer wasser- und luftdichten Collodiumschicht zu Pulvermischungen brauchbar zu machen, von Erfolg gekrönt wurde, läßt sich nicht ausfindig machen.

An Vorschriften für Gemenge, welche Natronsalpeter in geringer Menge neben Kalisalpeter enthalten, fehlt es nicht. Der von E. Matteen[4]) angegebene „Pyrolith“ besteht in 100 Theilen aus: 51,5 Kalisalpeter, 16 salpeters. Natron, 20 Schwefelblumen, 11 Sägemehl und 1,5 Kohlenstaub. Der sogenannte Pudrolith, für welchen Poch[5]) ein Patent genommen hat, weist nur 3 Proc. Natronsalpeter neben 68 Proc. salpetersaurem Kali auf. Zwei von Schwarz[6]) analysirte, schwer entzündliche Sprengpulver enthielten in 100 Theilen:

---

[1]) Schubarth, techn. Chem., 4. Aufl. **1**, 315. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **166**, 313. — [3]) Jahresber. f. 1862, S. 272. — [4]) Berl. Ber., 5. Jahrg., S. 489. [5]) Berl. Ber. VI, S. 78. — [6]) Dingler, polyt. Journ. **172**, 155.

Digitized by Google

	Aeltere Fabrikation	Neuere Fabrikation
Kalisalpeter . . .	56,22	48,6
Natronsalpeter . .	18,33	26,5
Schwefel	9,68	9,2
Kohle	14,14	14,7
Feuchtigkeit . . .	1,78	1,0

Schäffer und Budenberg[1]) fabricirten (1863) ein Sprengpulver von folgender Zusammensetzung: 30 bis 38 Thle. Kalisalpeter, 40 salpeters. Natron, 8 bis 12 Schwefel, 7 bis 8 Holzkohle, 3 bis 4 Steinkohlenklein und 4 bis 6 Seignettesalz. Der Zweck und Nutzen des letzten Gemengtheils ist nicht angegeben, auch nicht ersichtlich. Ein später[2]) empfohlenes Sprengpulver derselben Firma enthält keinen Natronsalpeter.

In neuester Zeit hat Matteen[3]) sich ein Sprengmittel patentiren lassen, dessen Bestandtheile, wie er angiebt, so gewählt sind, daß bei der Verbrennung sich kein Kohlenoxyd bilde; 100 Theile desselben enthalten: 47 Natron-, 18 Kalisalpeter, 17 Schwefel, 12 Sägemehl, 6 kohlensaures oder schwefelsaures Natron.

Ueber Eaton's[4]) Pulver ist nur bekannt, daß es ebenfalls salpetersaures Natron enthält, sehr grob gekörnt ist und langsam abbrennt. Dasselbe ist in Geschützen gleichzeitig mit schneller explodirendem Pulver zur Anwendung gekommen und sollte, ähnlich dem prismatischen Pulver, eine allmählichere und ausgiebigere Gasentwicklung veranlassen.

Pulversorten, in welchen Natronsalpeter vollständig an die Stelle des salpetersauren Kali getreten ist, sind von Davey, de Tret, Oxland und Anderen empfohlen worden.

Davey[5]) ersetzt einen Theil der Kohle durch Kleie oder andere schleimige Substanzen. Mit diesen wird Natronsalpeter, Schwefel und Kohle mittelst Wasser zu einem dicken Teige verarbeitet. Die Masse wird, nachdem sie durch Walzen gegangen ist, gekörnt und getrocknet. Das Pulver ist wohlfeiler, soll auch gefahrloser zu handhaben sein und weniger Rauch geben, als Schießpulver. Seine Fabrikation ist einfach und nimmt wenig Zeit in Anspruch. Ueber Mengenverhältnisse der Bestandtheile ist nichts bekannt; Berichte über erzielte Resultate fehlen ebenfalls.

De Tret's[6]) Pulver, welches nach Reynaud den Namen Pyronone führt, besteht aus 52,5 Thln. salpetersaurem Natron, 20,0 Thln. Schwefel und 27,5 Thln. ausgezogener Gerberlohe. Zur Bereitung wird die Lohe mit der kochenden Lösung des Natronsalpeters imprägnirt, dann setzt man Schwefel zu und trocknet das Gemisch. Als Vorzüge desselben werden bezeichnet: Billigkeit und gefahrlose Handhabung wegen schwieriger Entzündbarkeit, welcher Umstand beim Besetzen der Bohrlöcher von Bedeutung ist. Ist die Masse feucht geworden, so soll einfaches

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **173**, 236. — [2]) Deutsche Ind. Ztg. 1866, S. 308. [3]) Berl. Ver. VI, S. 151. — [4]) Polyt. Centr.-Bl. 1864, S. 490. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **156**, 78. — [6]) Dingler, polyt. Journ. **156**, 77.

Digitized by Google

Trocknen hinreichen, dieselbe wieder brauchbar zu machen. Die Kraftentwicklung kann wohl nicht bedeutend sein; auch ist die Entflammung zu träge.

Oxland[1]) reinigt den für das Pulver bestimmten Natronsalpeter durch Fällen der Kalk- und Magnesiasalze mit Soda und Eindampfen des Filtrats. Folgende Verhältnisse wurden am geeignetsten gefunden:

Salpetersaures Natron . . . 85 Thle.	Sollte Steinkohlenstaub verwendet werden, so wurden 20 Thle. bei sonst unveränderten Mengen Salpeter und Schwefel genommen.
Schwefel . . . . . 16 „	
Holzkohle . . . . . 18 „	

Die Ingredienzien werden, wie bei der Schießpulverfabrikation, gemengt, gekörnt ꝛc. Das sorgfältige Raffiniren des Chilisalpeters wird den Preis des Pulvers beträchtlich erhöhen.

Außer den hier besprochenen Sorten enthalten Sprengpulver, welche bei Freiberg und Wetzlar verwendet wurden, Natronsalpeter; ihre Zusammensetzung war, wie Streng[2]) fand, folgende:

	Freiberger	Wetzlarer
Natronsalpeter . . .	61,66	66,68
Schwefel	17,25	11,77
Lohe	—	18,71
Kohle	17,35	—
Feuchtigkeit	—	2,81

Pulver mit Barytsalpeter (barytische Pulver).

J. R. Wagner[3]) hatte zuerst auf die Anwendbarkeit des salpetersauren Baryts zum Ersatz des Kalisalpeters aufmerksam gemacht, auch die Gewinnung dieses Salzes aus Witherit nach Art der Salpeterbildung vorgeschlagen. Newton[4]) ließ sich für England ein derartiges Sprengpulver patentiren. Den Barytsalpeter stellte er aus Chlorbarium und salpetersaurem Natron dar. Seine Mischung, welche die Bezeichnung Saxifragin (auch wohl Lithofracteur) führt, besteht aus 77 Thln. salpetersaurem Baryt, 21 Thln. Holzkohle und 2 Thln. Kalisalpeter. Die Bestandtheile werden, wie bei Bereitung des Schießpulvers, verarbeitet. Um die an sich geringe Entzündlichkeit des Products zu erhöhen, soll dasselbe noch feucht mit fein zerriebenem Schießpulver (sogenanntem Mehlpulver) überpudert werden. — Ein Sprengpulver von Küp u. Co. (in Mühlheim), welches nach Böttger[5]) 80 Proc. Barytsalpeter neben Kohle und Schwefel enthält, steht dem Newton'schen sehr nahe.

Endlich hat der belgische Hauptmann Wynants[6]) im Schießpulver einen Theil des Salpeters durch äquivalente Mengen salpetersauren Baryts ersetzt. Zweck dieser Veränderung war, wie auch schon Newton angegeben hatte, Er-

---

[1]) Polyt. Centr.-Bl. 1861, S. 686. — [2]) Jahresber. 1864, S. 227. — [3]) Jahresber. 1855, S. 108, und 1859, S. 211. — [4]) Jahresber. 1863, S. 315. — [5]) Berg- und Hüttenm. Ztg. 1865, S. 376. — [6]) Dingler, polyt. Journ. 182, 251.

Digitized by Google

zielung eines regelmäßigeren und langsameren Verlaufes der Explosion. Mit einem Pulver, in welchem $^4/_5$ des Kalisalpeters durch salpetersauren Baryt verdrängt waren, hat Wynants zahlreiche Schießversuche in Brüssel angestellt. Er erkannte die Untauglichkeit desselben für Kleingewehr, während es in Geschützen wegen der langsameren Entwicklung der Pulvergase mit Erfolg angewendet wurde. Bei Erreichung einer Geschoßgeschwindigkeit, welche der von Schießpulver verlangten gleichkam, wurden die Rohrwände, Zündloch und Verschluß weniger angegriffen, als wenn eine äquivalente Schießpulverladung angewendet war. Freilich mußte man sehr starke Verbrennungsrückstände in den Kauf nehmen. Wegen dieses Uebelstandes hat Wynants sein Pulver zuerst nur als Sprengmittel empfohlen. Ein solches, in den Handel gebrachtes, bestand aus 76 Thln. Barytsalpeter, 2 Thln. Kalisalpeter und 22 Thln. Holzkohle, unterschied sich also kaum von dem Saxifragin.

Abel machte darauf aufmerksam, daß ein langsameres Zusammenbrennen des Pulvers durch eine Aenderung der procentischen Zusammensetzung und namentlich der Körnerform und Größe erreicht werden müsse, anstatt ein Pulver vorzuschlagen, welches bei Hinterlassung eines bedeutenden Rückstandes in größeren Ladungen angewendet werden müsse, um den gleichen Effect zu erzielen.

Andere salpetersaure Salze sind noch nicht mit Erfolg zur Bereitung von Pulvermischungen gebraucht worden. Des Craig'schen Vorschlages ist am Eingange dieses Capitels gedacht worden.

Alle Versuche, den theuren Kalisalpeter durch andere salpetersaure Salze zu verdrängen, haben gezeigt, daß derselbe in bevorzugter Weise alle die Eigenschaften in sich vereint, welche von einem so wichtigen Bestandtheile eines Schießpulvers verlangt werden. Ist in der That das reine salpetersaure Natron luftbeständig, und wird eine wohlfeile Reinigungsmethode des Chilisalpeters aufgefunden, so wäre in Anbetracht der größeren Billigkeit und Wirksamkeit desselben eine Verdrängung des Kalisalpeters wohl denkbar.

Pulversorten mit chlorsaurem (resp. überchlorsaurem) Kali. $KClO_3$ ($KClO_4$).

Während man bei Anwendung salpetersaurer Salze, namentlich des Natronsalpeters, von dem Gesichtspunkte ausging, wohlfeilere Mischungen herzustellen, hatte man bei Einführung des chlorsauren Kalis die Erzielung eines größeren Effects im Auge. Wie aus dem Atomgewicht dieses Salzes hervorgeht, hat dasselbe zwar, verglichen mit Kalisalpeter, welchen es ersetzen soll, in 100 Theilen weniger Sauerstoff zur Verfügung, als jener, giebt jedoch denselben leichter, also schneller, und vollständig ab. So wird die Zersetzungszeit bedeutend abgekürzt, und die durch beträchtliche Wärmeentwicklung rapid ausgedehnten Gase üben einen Druck aus, welcher den Feuerwaffen nicht zugemuthet werden darf.

Pulversorten von solcher zerstörenden Wirkung pflegt man in der Artillerietechnik brisante zu nennen, da die in kurzen Zeiträumen erreichten hohen Spannungen auf Geschützwände ꝛc. zerstörend wirken.

Digitized by Google

Zu diesem physikalischen Uebelstand kommt noch ein chemischer, indem durch solche Pulver die eisernen Läufe der Feuerwaffen stark zu leiden haben; das frei werdende Chlor soll auch die Bedienungsmannschaften der Geschütze stark belästigen. — Rechnet man zu diesen Nachtheilen noch die gefahrvolle Fabrikation und Handhabung, so begreift man, daß dieselben nur eine beschränkte Anwendung gefunden haben.

Die Zahl der Vorschriften zur Bereitung von Mischungen, welche chlorsaures Kali enthalten, ist dennoch eine sehr große. Diese werden häufig muriatische Pulver genannt, welche Bezeichnung ursprünglich dem Berthollet'schen Knallpulver zukommt; dieses enthielt an Stelle des Kalisalpeters im Schießpulver chlorsaures Kali.

Kellow und Short[1]) haben folgende Mischungen von verschiedener Leistungsfähigkeit empfohlen:

Chlorsaures Kali	12	6	10
Salpetersaures Natron . .	30	36	10
Salpetersaures Kali	8	4	20
Schwefel	10	10	—
Lohe und Sägespäne . . .	46	50	46

Die in Wasser gelösten Salze werden mit der Lohe und den Sägespänen zusammengebracht, Schwefel zugesetzt und die Masse getrocknet; ob dieselbe gekörnt wird, ist nicht angegeben.

Das durch Reibung oder Hammerschläge kräftig explodirende Pulver von Knaffl[2]) enthält folgende Ingredienzien: 46 Thle. chlorsaures Kali, 26 Thle. Kalisalpeter, 15 Thle. Schwefel und 10 Thle. humussaures Ammoniak. Das letztere wird durch Auflösen von Humussäure, welche durch Aetzkali aus Traubenzucker erhalten wird, in Ammoniak dargestellt. Die einzeln fein gepulverten Materialien werden mit Gummischleim zu Teig verarbeitet, und, nachdem dieser gekörnt ist, mit größter Vorsicht getrocknet.

Spence[3]) hat sich (für England) vier neue Pulversorten patentiren lassen, welche ausdrücklich zum Gebrauche in Feuerwaffen bestimmt sind. Die Zusammensetzung ist folgende:

	für Geschütz		für Handfeuerwaffen	
	a	b	c	d
Chlorsaures Kali . . .	20	10	10	10
Steinkohle	2	¾	1	⅝
Doppeltkohlens. Natron	3—4	3—4	—	¾
Sägespäne	7	3½	—	—
Holzkohle	2	1	2—3	⅝
Weizenmehl	—	—	2	2½
Kalisalpeter	—	—	—	¼

Die Ingredienzien, deren Zweck nicht immer klar ist, werden mit Wasser gekocht, durch Dampf in offenen Pfannen getrocknet und gekörnt. Statt doppeltkohlensaurem Natron kann auch Kali- oder Bleisalpeter angewendet werden.

---

[1]) Polyt. Centr.-Bl. 1863, S. 553. — [2]) Jahresber. 1866, S. 234. — [3]) Dingler, polyt. Journ. 172, 229.

Digitized by Google

Ehrhardt[1]) hat folgende Vorschriften für Schieß- und Sprengpulver gegeben:

	Artilleriepulver	Sprengpulver	Bombenpulver
Chlorsaures Kali	1	1	1
Salpetersaures Kali	1	1	—
Holzkohle	—	4	—
Gerbsäure (oder Katechu) . . .	1	2	1

Sharp und Smith[2]) haben eine Mischung vorgeschlagen, welche einige außergewöhnliche Bestandtheile aufweist. Dieselbe besteht aus 2 Thln. chlorsaurem Kali, 2 Thln. Kalisalpeter, 2 Thln. Schwefel, 1 Thl. Weinstein und 1 Thl. Ferrichankalium.

In einer anderen Weise ist das chlorsaure Kali in dem Schießpapier Melland's[3]) zur Anwendung gelangt. Dasselbe soll bei gefahrloser und einfacher Darstellung relativ billiger als Schießpulver sein, wenig Rauch verursachen und nur geringen, nicht schmierigen Rückstand hinterlassen. Man kocht eine Stunde lang 9 Thle. chlorsaures Kali, $4^1/_2$ Thle. Kalisalpeter, $3^1/_4$ Thle. Blutlaugensalz, $3^1/_4$ Thle. Holzkohle, $^1/_{21}$ Thl. Stärkemehl und $^1/_{16}$ Thl. chromsaures Kali mit 79 Thln. Wasser und taucht in diese Lösung ungeleimtes Papier, welches zu Patronen aufgerollt und bei 100° C. getrocknet wird. Um dasselbe gegen Feuchtigkeit unempfindlich zu machen, wird es mit einer Lösung von Xyloidin[4]) (1 Thl.) in Essigsäure (3 Thle. von 1,04 specif. Gew.) überzogen. Die Triebkraft des Schießpapiers ist größer, als die des Schießpulvers. — Das sogenannte Gaspulver ist, wie es scheint, nur eine Variation des Melland'schen Präparats.

Nisser[5]) hat außer einer neuerdings patentirten Mischung, welche 55 bis 60 Thle. chlorsaures Kali und 45 bis 55 Thle. Weinstein nebst wenig Blutlaugensalz enthält, in zwei früher[6]) empfohlenen Gemengen das überchlorsaure Kali, $KClO_4$, angewandt. Dieselben bestehen nach seiner Vorschrift aus:

Chlor- oder überchlorsaures Kali . .	$10^1/_2$	$15^3/_4$
Gelbes oder rothes Blutlaugensalz .	$1^1/_2$	$2^1/_4$
Kali- oder Natronsalpeter	$44^1/_2$	$55^1/_2$
Pflanzenstoff	$6^1/_2$	10
Steinkohle	$19^1/_2$	$4^3/_4$
Schwefel	$15^1/_2$	$9^1/_2$

Auf eine etwas veränderte Mischung Nisser's[7]), deren praktischer Werth gleich dem der übrigen Sorten nicht bedeutend ist, sei hier nur hingewiesen.

Unter den Pulversorten, welche neben chlorsaurem Kali keine salpetersauren Salze enthalten, verdient das weiße Pulver von Augendre[8]) (deutsches, auch amerikanisches Weißpulver genannt) mit den Verbesserungsvorschlägen Pohl's[9]) eine eingehendere Betrachtung. Die ursprüngliche Vorschrift Augendre's giebt

[1]) Deutsche Ind.-Ztg. 1865, S. 378. — [2]) Jahresber. 1867, S. 244. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **181**, 150. — [4]) Ueber Xyloidin vergl. unten S. 16 und 46. — [5]) Jahresber. 1870, S. 216. — [6]) Deutsche Ind.-Ztg. 1866, S. 178. — [7]) Wiek's Gewerbeztg. 1869, S. 7. — [8]) Dingler, polyt. Journ. **115**, 375. — [9]) Jahresber. 1861, S. 227 ff.

Digitized by Google

folgende Mengungsverhältnisse an: 50 Thle. chlorsaures Kali, 25 Thle. Blutlaugensalz und 25 Thle. weißen Zucker. Die Bestandtheile werden am besten feucht in bronzenen Mörsern gemischt und auf gewöhnliche Weise gekörnt [1]).

Pohl hat das weiße Pulver einer sorgfältigen Prüfung unterworfen; er erkannte ein Gemenge von folgender Zusammensetzung als das wirksamste: 49 Thle. chlorsaures Kali, 23 Thle. Zucker und 28 Thle. Blutlaugensalz. Nahezu entspricht die Mischung 3 Aequivalenten chlorsaurem Kali, 1 Aequivalent Zucker und 1 Aequivalent Blutlaugensalz. Pohl nimmt den einfachsten Verlauf der Explosion dieses Pulvers an, indem bei derselben von gas- resp. dampfförmigen Producten Stickstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasser entstehen, als Rückstand Chlorkalium, Cyankalium und ein Kohleeisen (FeC_2) hinterbleiben sollen. 100 g des Pulvers liefern nach seiner Berechnung 52,56 g feste und 47,44 g gasige Producte. Diese nehmen bei 0° und 760 mm Druck einen Raum von 40 680,4 cbcm ein, welcher durch die zu 2604,5° berechnete Verbrennungstemperatur auf 431 162 cbcm vergrößert wird.

Die Schlüsse, welche Pohl aus diesen, experimentell nicht bewiesenen Speculationen zieht, sprechen zu Gunsten des weißen Pulvers im Vergleich mit dem schwarzen. 100 Gew.-Thle. des letzteren entsprechen in ihrer Wirkung 60 Thln. des ersteren. (In Volumen 100 : 77,4). Diese geben nur 31,53 Thle. Rückstand, Schießpulver nach Bunsen und Schiskoff [2]) 68 Thle. — Auch die geringere Flammentemperatur wird als weiterer Vortheil von Pohl hervorgehoben, da mehr Schüsse ohne zu starke Erhitzung der Feuerwaffen gethan werden können; die Temperatur soll sich zu der durch ein gleiches Gewicht Schwarzpulver hervorgebrachten, wie 0,779 zu 1 verhalten.

Die Berechnung der Flammentemperatur basirt auf Annahme des oben angedeuteten Verlaufes der Explosion und auf der berechneten Verbrennungstemperatur, deren Richtigkeit noch bewiesen werden muß. Daß die factischen Verbrennungsproducte nicht genau den von Pohl angenommenen entsprechen, geht schon aus dem Umstande hervor, daß durch dieselben der schädliche Einfluß des weißen Pulvers auf eiserne Läufe nicht erklärt wird.

Zu den bisher hervorgehobenen Vorzügen zählt Pohl und vor ihm Augendre die Luftbeständigkeit, leichtere Entzündbarkeit durch Funken, Verwendbarkeit in ungekörntem Zustande und endlich die größere relative Wohlfeilheit und einfachere Darstellung. Pohl betont die gefahrlose Handhabung des weißen Pulvers, wenn die angewandten Materialien rein, namentlich alle Beimengungen von Schwefel- oder Kohletheilchen vermieden seien. Nach ihm explodirt dasselbe nur durch Schlag von Eisen auf Eisen, nicht durch Reibung. In diesem Punkte widersprechen ihm mehrere Beobachtungen. So wird mitgetheilt [3]), daß beim vorsichtigen Mengen der Bestandtheile zuweilen Explosionen vorkamen, auch eine Flasche mit dem weißen Pulver, welche der Junisonne ausgesetzt war, explodirte. Nach Hudson [4]) detonirt das Pulver durch Schlag eines Hammers auf einer Steinunterlage. Derselbe beobachtete, daß das Pulver explosiver wurde, wenn

---

[1]) Vergl. Jahresber. 1860, S. 209. — [2]) Jahresber. 1858, S. 158—170. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **161**, 317. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **162**, 156.

Digitized by Google

die Bestandtheile feucht gemischt wurden; die Ursache liegt ohne Zweifel in der innigeren, gleichförmigeren Mengung.

Die Gefahrlosigkeit der Fabrikation und Handhabung ist somit keineswegs erwiesen; rationelle Versuche, dieselbe festzustellen, sind noch nicht bekannt geworden. Der Vorschlag Zaliwsky's [1]), das chlorsaure Kali vor seiner Mischung mit Schwefel, Kohle und anderer Substanz mit Oxalsäure zu mengen, verdient einer Prüfung unterzogen zu werden.

Hat schon die nicht wegzuleugnende Gefahr der Einführung des weißen Pulvers entgegengewirkt, so war der andererseits gemachte Vorwurf, dasselbe wirke mechanisch und chemisch auf die Wandungen von Feuerwaffen schädlich ein, nicht minder gewichtig. Mittelst seiner Pulverprobe hat v. Uchatius [2]) Bestimmungen des durch eine kleine Menge weißen Pulvers bewirkten Gasdrucks ausgeführt. Ballistisch waren 0,93 g desselben mit 1,82 g österreichischem Gewehrpulver äquivalent (d. h. dem gleich schweren Geschoß wurde durch beide Ladungen die gleiche Anfangsgeschwindigkeit ertheilt); dagegen belief sich der Bodendruck auf 839 resp. 458 Atmosphären. Aus diesen Zahlen geht evident der nachtheilige brisante Einfluß dieses Pulvers hervor.

Da die chemischen, oxydirenden, Wirkungen sich vorzugsweise in eisernen Läufen geltend machen, hat man den Gebrauch des weißen Pulvers auf bronzene Feuerwaffen und auf Projectile beschränken wollen; als Füllung letzterer dürfte sich dasselbe wohl am besten bewähren. Ein Vorschlag Hudson's geht dahin, in Hohlgeschosse mit dem weißen Pulver Glaskugeln, welche mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt sind, einzuschließen. Beim Aufschlag zerbrechen dieselben; die Schwefelsäure, mit dem Pulver in Berührung kommend, entzündet dasselbe. — Dasselbe Princip ist bei einer Gattung der sogenannten Contacttorpedos [3]) angewendet worden, bei welchen die Ladung aus gewöhnlichem Pulver besteht, die Entzündung jedoch durch Vermittlung von weißem Pulver und Schwefelsäure erfolgt.

Schließlich ist noch eine bemerkenswerthe Nutzanwendung des weißen Pulvers zu erwähnen. Shaw [4]) (in Philadelphia) hat einen Fallhammer construirt, welcher durch Pulverkraft getrieben wird. Das weiße Pulver wird in Patronen angewandt, welche durch den fallenden Hammer entzündet werden. Gegen Uebersteigung eines bestimmten Druckes ist Vorsorge getroffen. Neuerdings [5]) ist eine von Shaw nach demselben Princip erbaute Rammmaschine zum Bau des Landungsquais von League Island mit gutem Erfolge benutzt worden. 800 zehnzöllige Pfähle wurden bis zu einer Tiefe von etwa 6 Metern in sehr harten Boden eingerammt (in der Stunde 4 bis 5); kein Pfahl zeigte Beschädigungen.

Ein dem Pohl'schen völlig gleiches Pulver wurde neuerdings von England aus als Reveley's [6]) weißes Pulver empfohlen. Die Bestandtheile sollen ohne Reibung durch ein konisches Sieb gemischt werden. Der Preis von 50 Kg wird zu $28^2/_3$ Thaler angegeben.

---

[1]) Compt. rend. **69**, 350. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **161**, 146. — [3]) Jahresbericht 1870, S. 221. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **193**, 356 und **196**, 13. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **205**, 90. — [6]) Jahresber. 1868, S. 300.

Digitized by Google

Hafenegger[1]) hat sich in England sechs Sorten Spreng- und Schießpulver patentiren lassen, welche sich dem Augendre'schen mehr oder weniger nähern. Ihre Zusammensetzung ist folgende:

	I	II	III	IV	V	VI
	Thle.	Thle.	Thle.	Thle.	Thle.	Thle.
Chlorsaures Kali	9	2	4	4	1	11
Schwefel	¼	—	—	¼	—	¼
Holzkohle	¼	—	¼	¼	—	¼
Blutlaugensalz	—	1	1	—	—	—
Zucker	—	1	1	4	1	—

Eine von Hahn[2]) empfohlene Mischung enthält 367,5 Thle. chlorsaures Kali, 168,3 Thle. Schwefelantimon, 18 Thle. Kohle und 46 Thle. Wallrath. Die drei letzteren Bestandtheile werden für sich gemischt und erst vor dem Gebrauch mit dem chlorsauren Kali gemischt.

Das Galläpfelpulver Horsley's[3]) besteht aus 9 Thln. chlorsaurem Kali und 3 Thln. gepulverten Galläpfeln; das Gemisch bleibt ungekörnt. Die 1867 in Oesterreich versuchte Einführung desselben (zu Infanteriegewehrzündgeschossen) hat sich nicht bewährt.

Endlich sei noch Callou's[4]) Minenpulver erwähnt, welches neben chlorsaurem Kali nur Operment (Dreifach-Schwefelarsen) enthält.

Die in diesem Capitel betrachteten Pulversorten können nur eine geringe technische Bedeutung beanspruchen. Die allgemeinen Nachtheile, welche ihre Einführung in der Sprengtechnik erschweren, sind die mit Bereitung und Handhabung größerer Quantitäten verknüpften Gefahren und der erhebliche Preis, welcher nur wenig durch die größere Wirksamkeit herabgedrückt wird.

Die große Explosivität und kräftige Wirkung mancher chlorsaures Kali enthaltenden Gemische machen diese besonders geeignet, die Entzündung von Pulverladungen zu veranlassen. So werden wir im letzten Abschnitt dem chlorsauren Kali wieder begegnen, und zwar als einem höchst wichtigen Gemengtheile von Zündsätzen.

Drittes Capitel.

Pulversorten mit Surrogaten für Holzkohle.

Solche Gemenge sind in großer Zahl in den früheren Capiteln aufgeführt[5]). Diese Ersatzmittel, mehr oder weniger an Kohlenstoff reiche Substanzen, haben weniger den Zweck, die Kraft des Pulvers zu steigern, als vielmehr die Ent-

[1]) Jahresber. 1869, S. 256. — [2]) Jahresber. 1868, S. 301. — [3]) Jahresber. 1862, S. 280. — [4]) Jahresber. 1862, S. 278. — [5]) Vergl. S. 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13.

Digitized by Google

zündlichkeit zu vermindern und die Verbrennung zu verlangsamen. Die meisten der Surrogate hinterlassen einen beträchtlichen Rückstand, und aus diesem Grunde haben diese Pulversorten keine Anwendung in Feuerwaffen finden können.

Indem wir auf die nähere Zusammensetzung der einzelnen Pulver verweisen, stellen wir die überhaupt in Vorschlag gekommenen Surrogate der Holzkohle übersichtlich zusammen: Steinkohle, Koaks — Humussäure, Gerbsäure, Katechu — Zucker, Sägespäne, Lohe, Kleie — als Klebmittel: Leim, Dextrin, Stärkekleister, Gummi — gelbes und rothes Blutlaugensalz, Weinstein, Seignettesalz.

Digitized by Google

UNIVERSITY
Library.
OF California.

Zweiter Abschnitt.

Die durch Einwirkung der Salpetersäure auf organische Substanzen entstehenden explosiven Körper.

Die große Classe der durch Nitrificirung organischer Substanzen erhaltenen Explosivstoffe, zu welchen Schießbaumwolle, Nitroglycerin und Knallquecksilber als Hauptrepräsentanten gehören, hat in neuester Zeit besondere Aufmerksamkeit erregt. In der That haben sich die wichtigsten dieser Körper in Folge ihrer kräftigen Wirkungen als Sprengmittel neben Schwarzpulver eingebürgert, haben sogar dasselbe vielfach zu verdrängen gewußt.

Durch Verbesserungen mannigfacher Art hat man versucht, die Nachtheile, welche Körpern von so labilem chemischem Gleichgewicht eigenthümlich sind, zu beseitigen. Manche anfangs, wie es schien, unübersteigliche Hindernisse, welche der Einführung der Schießbaumwolle und des Nitroglycerins entgegentraten, sind schon weggeräumt worden.

Die in diesem Abschnitte zu besprechenden Körper haben, obwohl sie alle durch Einwirkung von Salpetersäure entstehen, keineswegs gleichen chemischen Charakter. Der häufig für dieselben gebrauchte Ausdruck „Nitroverbindungen" ist nicht immer der correcte. So gehören wohl die Pikrinsäure und das Knallquecksilber zu den Nitrokörpern, da sie die Nitrogruppe NO_2 ein oder mehrere Male an Stelle von einem oder mehreren Wasserstoffatomen enthalten; die übrigen Präparate sind dagegen — mit Ausnahme der einer anderen Körperclasse angehörenden Diazoverbindungen — nach der jetzt allgemein getheilten Auffassung Aether der Salpetersäure. In beiden Fällen tritt als Nebenproduct Wasser aus; nur bei der Bildung des Knallquecksilbers ist der Proceß complicirter, jedoch noch nicht genügend aufgeklärt.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Constitution und Bildungsweise der hierher gehörenden Körper sei der eingehenden Besprechung derselben die allgemeine Anordnung des Stoffes vorangestellt.

Wir beginnen mit den Pyroxylinsubstanzen, welche sich von der Holzfaser und gleich zusammengesetzten Stoffen ableiten. Die Leichtigkeit, mit der die

Digitized by Google

organischen Gebilde von starker Salpetersäure in explosive Körper umgewandelt werden, die relative Wohlfeilheit der Materialien und andere Umstände haben die Zahl der Pyroxyline zu einer bedeutenden heranwachsen lassen. — Von geringerer Bedeutung sind die aus Zuckerarten entstehenden Explosivkörper (Nitromannit, Nitrozucker ꝛc.), welche sich den Pyroxylinen anschließen sollen. — Die Gemenge, welche Pikrinsäure und deren Salze enthalten, werden sodann beschrieben werden, und diesen folgt Nitroglycerin mit seinen Präparaten (Dynamit, Lithofracteur, Dualin u. a.), welchen in neuester Zeit eine wichtige, wenn nicht die bedeutendste Rolle in der Sprengtechnik zugefallen ist.

Im letzten Capitel endlich wird die Darstellung des Knallquecksilbers (anhangsweise die des Knallsilbers und Goldes) besprochen werden. Die Zündhütchenfabrikation, welche die Hauptanwendung dieses Knallpräparats darstellt, ist dem letzten Abschnitt vorbehalten, welcher außerdem die wichtigsten Zünd- und Feuerwerkssätze behandeln wird.

Erstes Capitel.

Schießbaumwolle (Synon. Guncolton. Coton fulminant, poudre-coton, fulmicoton). (Als Anhang Collodium.)

Geschichtliches über Pyroxylinsubstanzen [1]), speciell Schießbaumwolle.

Die erste Pyroxylinsubstanz entdeckte 1832 Branconnot [2]) in dem von ihm Xyloidin genannten, aus Stärkemehl, Holzfaser und verwandten Stoffen durch concentrirte Salpetersäure dargestellten Körper. Dieser, wenn aus Stärke erhalten, ein weißes Pulver, verbrannte lebhaft ohne Rückstand. Pelouze [3]) nahm 1838 diese Untersuchung wieder auf, constatirte, daß das Xyloidin bei 180° sich entzünde, jedoch auch schon durch starken Druck oder Schlag explodire, und empfahl den

---

[1]) Der Name Pyroxylin oder Pyroxylol ist von Pelouze (Berzelius, Jahresbericht der Chemie **27**, 418) vorgeschlagen worden und sollte ursprünglich als Collectivbegriff alle durch Salpetersäure aus Holzfaser (Papier, Baumwolle, Stroh, Holzspäne ꝛc.) entstehenden Producte umfassen. Jedoch bezeichnet man jetzt häufig den Hauptrepräsentanten dieser Classe, die Schießbaumwolle, als Pyroxylin; von dieser wäre dann Collodiumwolle durch die Bezeichnung „lösliches Pyroxylin" zu trennen. Wir ziehen vor, Pyroxylin als Collectivbegriff anzuwenden, wenn auch den aus Holzfaser erhaltenen Producten nicht immer dieselbe chemische Constitution zukommt. — [2]) Berzelius, Jahresber. **14**, 325. — [3]) Compt. rend. 1838, S. 713.

Digitized by Google

Gebrauch desselben in der Feuerwerkerei. Auch Dumas war durch Behandlung von Papier oder Pappe mit starker Salpetersäure zu einem explosiven Präparat, welches er Nitramidin nannte, gelangt, welches auch er in gleicher Weise, wie Pelouze, zu verwerthen gedachte.

Ihre Vorschläge fanden jedoch keinen Beifall, zumal da es ihnen noch nicht gelungen war, Producte von gleichmäßiger Wirkung und genügender Haltbarkeit herzustellen. In ein völlig neues Stadium tritt die Geschichte der Pyroxylinsubstanzen mit der Entdeckung Schönbein's (in Basel), welche er Ende 1845 ankündigte, und die darin bestand, daß sich Baumwolle auch durch kurze Behandlung mit Salpetersäure, ohne ihre pflanzliche Structur zu verändern, in einen höchst explosiven Körper umwandele. Schönbein nannte denselben Schießbaumwolle (oder Schießwolle) und stellte mit Erfolg Schieß- und Sprengversuche mit demselben an. Böttger (in Frankfurt), mit gleichen Versuchen beschäftigt, gelangte ebenfalls zu einer explosiven Baumwolle (im August 1846). Beide Forscher vereinigten sich und boten dem deutschen Bunde ihre Erfindung an; dieser knüpfte an die in Aussicht gestellte Nationalbelohnung die Bedingung, die Schießwolle müsse nicht nur im Stande sein, das Schießpulver in jeder Beziehung zu ersetzen, sondern noch Vorzüge vor demselben besitzen. Zur Prüfung der Schießbaumwolle wurde eine Commission bestimmt, die Veröffentlichung der Bereitungsmethode noch verschoben.

Unterdessen machte Otto (in Braunschweig) bekannt (in der Augsburger Allgemeinen Zeitung vom 5. Oct. 1846), daß es ihm gelungen sei, durch etwa eine halbe Minute lang dauerndes Eintauchen von gereinigter Baumwolle in höchst concentrirte Salpetersäure, darauf folgendes sorgfältiges Auswaschen und Trocknen ein explosives Präparat von den Eigenschaften der Schönbein'schen Schießwolle zu gewinnen. Jetzt wurden von vielen Seiten die mannigfaltigsten Versuche angestellt, das Otto'sche Verfahren, durch welches die Baumwolle stark verfilzt wurde, passend abzuändern. Fast gleichzeitig fanden W. Knop (in Leipzig), sowie Heeren und Karmarsch (in Hannover) die vortheilhafteste Bereitungsart durch Anwendung eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure, welches auch von Schönbein und Böttger schon angewendet wurde. Der Vortheil des Säuregemisches besteht einmal und vorzüglich darin, daß die concentrirte Schwefelsäure das bei der Reaction gebildete Wasser aufnimmt, die noch übrige Salpetersäure also concentrirt erhält; sodann ist das Volumen der Flüssigkeit größer, so daß vollständigere, also gleichmäßigere Benetzung der Baumwolle stattfinden kann. Später sollte eine Vereinfachung der Fabrikation durch den Vorschlag Millon's und Gaudin's[1]) erzielt werden, statt des Säuregemisches ein frisch bereitetes Gemenge von Salpeter und Schwefelsäure anzuwenden.

Auch in Frankreich, England und Rußland waren Versuche gemacht worden, die Schießbaumwolle statt des Schießpulvers einzuführen. Dieselben wurden ebenso, wie die der Bundescommission, nicht mit Erfolg gekrönt. Die bedeutendste Schwierigkeit, mit der man zu kämpfen hatte, bestand in der Herstellung eines haltbaren, nicht der freiwilligen Zersetzung unterliegenden Productes. Man hatte

[1]) Compt. rend. **28**, 269.

Digitized by Google

zu wenig Werth auf Reinigung der ursprünglichen Baumwolle gelegt, deren fettige Bestandtheile an der Nitrificirung Theil nahmen und die Entstehung eines zersetzbaren Präparates veranlaßten. Solche schlecht bereitete Schießwolle war wohl die Ursache von mehreren, ohne äußere Veranlassung 1848 in England und Frankreich vorgekommenen Explosionen. Dieser Umstand in Verbindung mit den damaligen politischen Ereignissen drängte die Schießwollfrage in den Hintergrund.

In Deutschland nahm man die Versuche sehr bald wieder auf, da es einem Commissionsmitgliede, dem damaligen Hauptmann v. Lenk, durch unermüdliche Anstrengung gelungen war, eine Schießwolle herzustellen, welche sich durch Haltbarkeit und gleichmäßige Wirkung vor der bisher benutzten auszeichnete. Versuche, welche in den Jahren 1849 bis 1852 angestellt wurden, befestigten das günstige Urtheil über die Lenk'sche Schießbaumwolle, und so kam im Jahre 1853 zwischen der österreichischen Regierung und Schönbein-Böttger ein Vertrag zu Stande, in welchem diese ihre Erfindung abtraten. Unter Lenk's Leitung wurde 1853 die Schießwollfabrik zu Hirtenberg bei Wien angelegt, welche bis Ende 1865 bestand, in welchem Jahre die Schießwolle für Oesterreich officiell abgeschafft wurde (wohl in Folge zweier 1862 und 1865 stattgefundener Explosionen von Magazinen, deren Ursache nicht zu ermitteln war).

Während dieses Zeitraumes waren zahlreiche Versuche, namentlich Schießübungen mit neu errichteten „Schießwollbatterien" angestellt worden, welche in mancher Hinsicht die gehegten Erwartungen übertrafen. Da sich jedoch im Laufe der Zeit Bedenken einschlichen, die Geschützröhre möchten darunter leiden, neigte man sich einer Beschränkung im Gebrauch der Schießbaumwolle zu, indem man dieselbe ausschließlich zu Sprengzwecken und zur Füllung von Hohlgeschossen (auch Torpedos) anzuwenden gedachte. Während diese Frage noch der Entscheidung harrte, und obwohl weitere Verbesserungen von v. Lenk erzielt waren, erfolgte die Einstellung der Fabrikation.

In England wurden etwa zu dieser Zeit umfassende Versuche wieder aufgenommen. In einer nach dem Hirtenberg'schen Muster angelegten Fabrik von Prentice (in Stowmarket) wurde die Schießwolle nach Lenk'scher Vorschrift dargestellt.

Der um die Schießpräparate sehr verdiente Chemiker des englischen Kriegsdepartements, Abel, hat im Lauf der folgenden Jahre einige Abänderungen im Verfahren eingeführt, welche, obwohl scheinbar geringfügig, doch von wesentlicher Bedeutung zu sein scheinen. Die Fabrikation in Stowmarket hat einen mächtigen Aufschwung genommen, und es ist nicht zu bezweifeln, daß die Schießbaumwolle, wenn sie auch nicht vollständig das Schießpulver ersetzen wird, doch zu einigen der wichtigeren Zwecke eingeführt werden wird, und ihr somit eine hervorragende Stellung unter den chemischen Producten bestimmt ist.

In Frankreich hatte man zu le Bouchet ebenfalls die Schießwollfabrikation wieder aufgenommen, aber dieselbe bald eingestellt, da man kein haltbares, gleichmäßiges Product erhalten konnte.

Die in kurzen Zügen dargelegte Entwicklungsgeschichte der Schießbaumwolle zeigt, daß v. Lenk der Erste war, welchem die Darstellung eines durch

Digitized by Google

Haltbarkeit am meisten zum Ersatz des Schießpulvers geeigneten Präparats gelang. Das Verdienst der ersten Entdeckung, welches Pelouze für sich in Anspruch nahm, gebührt — darüber kann kein Zweifel walten — Schönbein. Denn jener konnte nicht den Beweis führen, daß er die wirkliche Schießbaumwolle in Händen gehabt habe.

Die geschichtliche Skizze zeigt ferner, welches Aufsehen die Entdeckung der Schießwolle gemacht und mit welchem Interesse man dieselbe auszunutzen gesucht hat. Ihr, vielfach angezweifelter, Werth geht vielleicht am deutlichsten aus den trotz häufiger Mißerfolge immer von Neuem wieder aufgenommenen Versuchen, diesen interessanten Körper in die Technik einzuführen, hervor.

Fabrikation der Schießbaumwolle.

Die Materialien, welche zur Bereitung der Schießbaumwolle dienen, sind an sich sehr einfach und leicht zu beschaffen. Die Baumwolle wird von einem zu der Familie der Malvaceen gehörenden Strauch (Gossypium arboreum und Gossypium herbaceum) producirt. Obwohl dieselbe nicht das einzige Gespinnst ist, welches reine Holzfaser darstellt, ist sie doch das beste Material[1]) wegen des hohen Grades von Reinheit der Cellulose und wegen der zarten, dünnwandigen Structur ihrer Fasern, welche leicht und vollständig der Einwirkung der Säure zugänglich sind. Die beliebteste Sorte Baumwolle ist unter der Bezeichnung „Sea Island“ bekannt und wird benutzt, nachdem sie in den Spinnereien von den mechanischen Verunreinigungen, wie Staub, Samenkapseln ꝛc., befreit und zu einer lockern Masse durch Krempeln gekämmt oder auch lose gezwirnt worden ist.

Von der richtigen Qualität und relativen Quantität der Materialien hängt die Güte des Productes so wesentlich ab, daß über diese Verhältnisse einige allgemeine Bemerkungen nöthig sind. Die Reinheit der Baumwolle ist ein Haupterforderniß; dieselbe wird daher nach den besten Vorschriften möglichst entfettet und vollständig getrocknet. Sodann bildet die Stärke der Säuren ein wichtiges Moment; sie werden meistens concentrirt, aber in verschiedenen Mischungsverhältnissen angewendet.

Die wohl immer benutzte Schwefelsäure ist die englische (von dem specif. Gewicht 1,85); die Salpetersäure (von dem specif. Gewicht 1,45 bis 1,50) muß möglichst rein, namentlich chlorfrei sein, weil eine solche nach Bley's Angabe eine geringere Ausbeute an explosivem Product veranlaßt. Die Concentration der Säuren ist höchst wichtig, da die Producte nach dem Grade derselben verschieden ausfallen. Wird eine verdünntere Salpetersäure mit mäßiger Erwärmung angewendet, so bildet sich die sogenannte Collodiumwolle, welche, nur wenig explosiv, mit Rückstand verbrennt, sich jedoch in weingeistigem Aether löst (Collodium).

---

[1]) Berard (Jahresber. 1867, S. 358) verwendet zur Schießwollbereitung Scherwolle oder Scherflocken (tontisses). Die vielfach als Surrogat für Baumwolle empfohlene Jute hat bisher noch keinen Eingang gefunden.

Digitized by Google

Ueber die Quantität der Säuren im Verhältniß zur Baumwolle stimmen alle Vorschriften darin überein, daß eine relativ große Menge des Säuregemisches angewendet werden müsse, damit die Verdünnung durch das bei der Reaction gebildete Wasser nicht merklich sei.

Die Dauer der Einwirkung des Säuregemisches auf die Baumwolle, welche nach den Vorschriften außerordentlich variirt, scheint nicht von solcher Bedeutung zu sein, wie die Einhaltung einer mäßigen Temperatur. Erwärmt sich das Säuregemisch, so geht die Zersetzung weiter, mehr oder weniger wird die Baumwolle oxydirt und ein explosives Präparat entsteht gar nicht.

Sodann ist die vollständige Reinigung des Rohproductes von Säure ein äußerst wichtiges Moment der Fabrikation, da von derselben in erster Linie die Haltbarkeit der Schießwolle abhängt.

Während bis zu diesem Stadium die Bereitung mit keiner Gefahr verbunden ist, erfordert das zur Fertigstellung nothwendige Trocknen, welches bei einer Temperatur von höchstens 50 bis 60° erfolgen soll, die allergrößte Vorsicht.

Die erzielte Ausbeute an fertigem Präparat kommt bei gut geleiteter Fabrikation der theoretisch geforderten ziemlich nahe. Diese beträgt 183,3 Thle., wenn 100 Thle. Baumwolle vollständig umgewandelt werden. Beobachter, welche Versuche mit kleinen Mengen anstellten, wie Abel [1]), erhielten bis zu 182,5 Thln. Schießwolle, während bei regelmäßigem Fabrikbetrieb (zu Hirtenberg, le Bouchet und Stowmarket) 155 bis 176 Thle. aus 100 Thln. Baumwolle erzielt wurden.

Die eben angedeuteten Grundzüge der Schießwollfabrikation finden wir mehr oder weniger scharf in den zahlreichen Vorschriften eingehalten, welche theils eingehend, soweit sie besonders wichtig geworden sind, beschrieben werden sollen, theils kurz anzuführen sind. Alle beziehen sich auf Bereitung möglichst explosiver (unlöslicher) Schießbaumwolle. Die Darstellungsmethoden der löslichen Collodiumwolle sollen am Ende dieses Capitels abgehandelt werden.

Das zuerst bekannt gewordene Verfahren Otto's [2]) besteht darin, daß Baumwolle eine halbe Minute lang in concentrirte Salpetersäure, welche aus 10 Thln. Kalisalpeter mit 6 Thln. englischer Schwefelsäure erhalten ist, getaucht wird; dann wird das Product gut ausgewaschen und auseinander gezupft, da es stark verfilzt ist.

Schönbein wandte zuerst ein Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure an, und zwar 3 Gew.-Thle. der ersteren (specif. Gewicht 1,85) und 1 Gew.-Thl. der letzteren (specif. Gewicht 1,45 bis 1,5) (oder auf 1 Vol. Salpetersäure 2,3 Vol. Schwefelsäure). In einem Porzellan- oder Glasgefäß tauchte er in diese Mischung bei einer Temperatur von 10 bis 15° die Baumwolle, und zwar 1 Thl. derselben auf 20 bis 30 Thle. des Gemisches. Nach einstündiger Einwirkung wird die Flüssigkeit abgegossen und das Product gründlich gewaschen; um die letzte Säurespur zu entfernen mit dünner Pottaschelösung, und schließlich wieder mit Wasser, um die gebildeten Salze zu lösen. Die ausgepreßte, noch feuchte

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. 185, 148. — [2]) S. S. 17.

Digitized by Google

Schießbaumwolle wird mit einer 0,6 procentigen Lösung von Kalisalpeter getränkt und nach starkem Auspressen getrocknet (bei 65°). Dies ursprüngliche Verfahren Schönbein's wurde von Th. Taylor[1]), auf dessen Namen dasselbe in England patentirt wurde, nur insoweit modificirt, daß er vorschrieb, 1 Thl. Baumwolle auf 14 Thle eines Gemisches von gleichen Volumen Salpeter- und Schwefelsäure anzuwenden. Gladstone erhielt nach Schönbein's Verfahren aus 100 Thln. Baumwolle 173 bis 175 Thle. Schießwolle.

Karmarsch und Heeren sowie Knop[2]) lassen die Baumwolle 4 bis 5 Minuten in dem Säuregemisch eingetaucht, welches nach ersteren aus 2 Gew.-Thln. engl. Schwefelsäure und 1 Gew.-Thl. rauchender Salpetersäure, nach Knop aus gleichen Volumen beider Säuren besteht.

Walter Crum[3]) reinigt zunächst die gekämmte Baumwolle durch Kochen mit verdünnter Natronlauge, bleicht sie mittelst Chlorkalklösung und wäscht nach kurzem Eintauchen in verdünnte Salpetersäure mit Wasser gut aus. Durch diesen Proceß verliert die Baumwolle 5,6 Proc. ihres Gewichtes; eine Probe der gereinigten hinterließ nur 0,09 Proc. Asche. Die durch Dampfheizung getrocknete Baumwolle wird gut vertheilt in einem Gemisch von 1 Vol. Schwefelsäure (specif. Gewicht 1,84) und 3 Vol. Salpetersäure (specif. Gewicht 1,517) (1 Thl. Baumwolle in 48 Thln. Gemisch) liegen gelassen und nach sorgfältigstem Auswaschen an freier Luft getrocknet. Crum erhielt aus 100 Thln. getrockneter Baumwolle 178 Thle. Schießwolle.

Kerkhoff und Reuter[4]) wenden 1 Thl. Baumwolle auf 48 Thle. eines Gemisches an, welches aus gleichen Gewichtstheilen starker Salpeter- und Schwefelsäure besteht; ihre Ausbeute belief sich auf 176 Thle.

Zu le Bouchet[5]) (bei Paris), wo früher große Mengen Schießbaumwolle zu militärischen Zwecken fabricirt wurden, hatte man folgendes Verfahren als das geeignetste erkannt: 200 g Baumwolle werden in 2 Liter eines Gemisches aus 2 Vol. engl. Schwefelsäure und 1 Vol. Salpetersäure (specif. Gewicht 1,5) eine Stunde lang eingetaucht. Das Rohproduct wird durch Abpressen von einem Theil (etwa $^7/_{10}$) der Säure befreit und dann $1^1/_2$ Stunden in fließendem Wasser gewaschen; nach abermaligem Pressen wird Aschenlauge zum Entfernen der Säurereste angewandt, noch einmal in fließendem Wasser gewaschen, und die ausgepreßte Schießwolle auf leinenen Tüchern, welche von einem auf 60° erwärmten Luftstrom umspült sind, getrocknet. Die Ausbeute betrug im Durchschnitt 165,25 Thle. (bei Anwendung von 100 Thln. trockner Baumwolle).

Das häufige und starke Pressen der mit Säure imprägnirten Schießbaumwolle soll nach Melsens[6]) das spätere Auswaschen bedeutend erschweren. Bei dem Lenk'schen[7]) Verfahren ist starkes Auspressen überhaupt vermieden. Diese Methode verdient eine eingehende Besprechung, da das nach derselben erhaltene Product als Schieß- und Sprengpräparat zuerst den meisten Anforderungen entsprach, und weil das in England jetzt übliche Verfahren auf dem Lenk'schen fußt.

[1]) Phil. Mag. [3] **31**, 152. — [2]) Compt. rend. **23**, 808. — [3]) Journ. prakt. Chem. **41**, 201. — [4]) Journ. prakt. Chem. **40**, 268 u. 284. — [5]) Vergleiche Jahresber. 1864, S. 234 bis 243, u. Compt. rend. **59**, 363. — [6]) Liebig, Jahresber. 1865, S. 785. — [7]) Vergl. Dingler, polyt. Journ. **178**, 145. Jahresber. 1863, 310.

Digitized by Google

v. Lenk hatte erkannt, von welchem Einfluß die Reinheit der Baumwolle und die Entsäuerung der Schießwolle auf die Güte des Productes sei, und hatte daher diese beiden Punkte besonders ins Auge gefaßt. Nach seinem Verfahren arbeiteten zwei Fabriken, zu Hirtenberg und die von Reny in Wien (die erstere ausschließlich für militärische Zwecke). Daselbst verfuhr man auf folgende Weise:

Die Baumwolle wird von den Fettstoffen durch 2 bis 3 Minuten langes Eintauchen in eine siedende Pottaschelösung von 1,02 specif. Gewicht befreit. Man hängt die Baumwolle in gesponnenen Strängen (Vorgespunst) (à 85 Gramm) an Häkchen in die Lösung. Sind die Fette verseift, so wird die Pottaschelösung aus den Strängen mittelst einer Centrifugaltrocknungsmaschine (Hydroextracteur) möglichst entfernt. Sodann wird die Baumwolle in zinkblechernen Körben durch Hin- und Herschwenken mit Wasser gewaschen, nochmals ausgeschleudert, und schließlich scharf getrocknet.

Die Säuremischung wird auf die Weise bereitet, daß die Salpetersäure von mindestens 1,48 bis 1,49 specif. Gewicht (bei 14° R.) und die Schwefelsäure von 1,835 specif. Gewicht in dünnem Strahl aus Ablaßhähnen in einem Steingutgefäß zusammenfließen und gemischt werden und zwar im Verhältniß von 1 zu 3 (dem Gewicht nach). Das Gemisch wird erst nach Abkühlung angewendet.

Je zwei der präparirten Stränge werden mit dem 300 fachen Gewicht des Säuregemisches, welches sich in einem gußeisernen wannenartigen Tauchapparat befindet, in innige Berührung gebracht dadurch, daß dieselben mit einer Schaufel bewegt und gelinde gedrückt werden. Die Baumwolle soll, wenn vollständig imprägnirt, ein fettähnliches Aussehen haben. Ist der Sättigungspunkt (nach wenigen Minuten) erreicht, so bringt man die Stränge auf einen über dem Behälter befindlichen Rost und läßt die überschüssige Säure abtropfen, was durch sanftes Pressen zu beschleunigen ist. 1 Thl. Baumwolle soll nach dieser Procedur um mindestens $9\frac{1}{2}$ Theile zugenommen haben. Sind circa 2 Kg Baumwolle verarbeitet, so muß das Säuregemisch vollständig erneuert werden.

Wenn sechs Stränge so zubereitet sind, welche also in diesem Zustand $5\frac{1}{4}$ Kg wiegen sollen, so werden dieselben in einem Topf von Steingut 24 bis 48 Stunden gelassen, in welchem eine Tuchscheibe mit leichtem Druck so auf die Stränge gelegt ist, daß dieselben von der imprägnirenden Säure bedeckt sind. Während dieser Zeit, in der sich die Nitrification vollenden soll, stehen die Töpfe in einem Local, dessen Temperatur nicht unter 5° und nicht über 25° steigen darf. Im Winter ist daher Heizung, im Sommer zuweilen Abkühlung (durch fließendes Wasser) erforderlich. Während der ersten 2 bis 6 Stunden müssen die Töpfe überwacht werden, damit einer etwaigen Erwärmung rechtzeitig durch Abkühlen vorgebeugt werden kann.

Nach Ablauf dieser Zeit wird die rohe Schießbaumwolle in dem Hydroextracteur vom Säureüberschuß befreit, sodann mit einem großen Quantum Wasser in kupfernen Waschtrommeln in Berührung gebracht und endlich 3 bis 6 Wochen in fließendes Wasser gelegt (in sogenannten Wollwaschkästen). Das soweit gereinigte Präparat wird mit kochender Pottaschelösung (von 1,02 specif. Gewicht)

Digitized by Google

behandelt, dann ausgeschleudert, nochmals mit Wasser gewaschen, wiederum ausgeschleudert und dann bei 25° an der Luft getrocknet.

Nachdem so der letzte Säurerest fortgenommen ist, wird die Schießbaumwolle in eine Natronwasserglaslösung (von 1,072 specif. Gewicht) einige Zeit getaucht, nach dem Herausnehmen ausgeschleudert und 3 Tage lang der Luft ausgesetzt. Während dieser Zeit wird das kieselsaure Natron durch die Kohlensäure der Luft zersetzt, und Kieselsäure oder ein unlösliches Silicat schlagen sich auf die Faser der Schießwolle nieder (der sogenannte Silicirungsproceß).

Zum Schluß wird das Product nochmals in fließendem möglichst weichem Wasser gewaschen, dann ausgeschleudert und im Freien oder in einem Trockenhause bei höchstens 35° getrocknet. Directes Sonnenlicht ist zu vermeiden. Die Ausbeute betrug im Durchschnitt nach jahrelangen Erfahrungen 165 bis 167 Thle. bei Anwendung von 100 Thln. trockner Baumwolle.

Die fertige Schießbaumwolle wurde einer genauen Prüfung in Bezug auf ihre Structur und mittelst der Stangenprobe [1]) unterworfen; bei dieser sollten 0,39 g (6 Gran) 42° schlagen; ein Product von geringerer Stärke durfte nur zu Sprengzwecken benutzt werden. Bei der Untersuchung des äußeren Habitus ist die wohlerhaltene Structur maßgebend; Stränge mit zerrissenen Fäden werden als schlecht ausgeschieden.

In der eben geschilderten Weise wurde mit einer peinlichen Sorgfalt die Schießbaumwolle während einer Reihe von Jahren in Oesterreich angefertigt. Wurde die Darstellung auch im Jahre 1865 eingestellt, so ist doch die Lenk'sche Methode in ihren Hauptzügen in die zu Stowmarket betriebene Fabrikation der Schießwolle übergegangen. Wir haben bei Betrachtung von dieser wesentlich nur die von Abel [2]) erzielten Verbesserungen zu beleuchten.

In der Patent Safety Guncotton factory zu Stowmarket wird jeder Baumwollenabfall, nachdem er gelockert, entfettet und getrocknet ist, benutzt; ein Centner kommt an Ort und Stelle etwa auf 12 Thaler zu stehen. Der Nitrificirungsproceß ist ganz dem Lenk'schen entsprechend. Die Berührung mit dem Säuregemisch, welches aus 1 Thl. Salpetersäure (von 1,52 specif. Gewicht) und 3 Thln. Schwefelsäure (specif. Gewicht 1,85) besteht, die Ausschleuderung und erste Auswaschung: alle diese Operationen sind dem Lenk'schen Verfahren entnommen. Eine Abweichung von diesem besteht darin, daß das Ausschleudern und Auswaschen dreimal wiederholt wird.

Die wesentlichste Verbesserung hat Abel durch die folgende Procedur erreicht: Das soweit bearbeitete Product wird mit Wasser in einer dem Holländer der Papierfabriken ähnlichen Maschine (rag engine) zerkleinert. Während hierdurch schon weitere Reinigung stattfindet, wird dieselbe noch vollständiger durch Bearbeitung der Schießwolle in einer Poaching-Maschine, in welcher dieselbe mit warmem Wasser, welches häufig zu erneuern ist, umhergeschlagen wird. Durch

---

[1]) Siehe Upmann, das Schießpulver S. 184. — [2]) Chem. News **14**, 18 u. 250. **15**, 203. — Dingler's polyt. Journ. **185**, 154, ff. — Jahresber. 1871, S. 304.

Digitized by Google

dieses Verfahren wird die Reinigung, welche nach Lenk 6 bis 8 Wochen in Anspruch nahm, in 2 bis 3 Tagen erreicht [1]). Die breiförmige Masse wird schließlich in cylindrische Formen mit solchem Drucke gepreßt, daß die resultirende comprimirte Schießwolle etwa das specifische Gewicht 1 besitzt. Die Verdichtung geschieht zuerst mit einfachen Hebelpressen, sodann mit starken hydraulischen Pressen (unter einem Druck von 600 Atmosphären). Zur Vermeidung jeder Gefahr soll der Schießwollbrei 25 Proc. Wasser mindestens enthalten. Das Trocknen der fertigen Patronen [2]) findet auf eisernen Platten durch heiße Luft statt (früher durch Dampfheizung).

Die Fabrikation nach Lenk'schen Principien mit Abel's Verbesserungen ist, da sie bis zum Trocknungsproceß nur mit nasser Schießbaumwolle zu thun hat, bis auf diesen durchaus gefahrlos. Die Ausbeute ist eine befriedigende (nach mehreren Angaben 171 bis 176 Thle.).

So dürfte die jetzt in England eingeführte Schießwollfabrikation die höchste Stufe darstellen, welche bisher auf diesem Felde erreicht worden ist, indem mit Erzielung eines reinen, deshalb haltbaren und gleichmäßig wirkenden Productes eine relativ gefahrlose und gute Ausbeute gewährende Darstellungsweise verbunden ist.

Eigenschaften der Schießbaumwolle.

Die auf einem dieser Wege erhaltene Schießwolle (mit Ausnahme der comprimirten englischen) hat vollständig die Structur der Baumwolle beibehalten; auch unter dem Mikroskop ist keine Verschiedenheit wahrzunehmen. Jedoch hat dieselbe an Biegsamkeit verloren; sie ist rauher anzufühlen, knirscht leise beim Zusammendrücken und hat an specifischem Gewichte zugenommen. Das der flockenförmigen Schießwolle beträgt etwa 0,1, während das der englischen nach dem Compressionsgrade verschieden ist (0,5 bis 1,0).

Die Schießbaumwolle zeigt ein deutliches elektrisches Verhalten, welches sich dadurch äußert, daß die geriebenen Fasern an der trocknen Hand haften. In ihrem Verhalten gegen eine Lösung von Jod in Jodkalium und nachheriger Befeuchtung mit verdünnter Schwefelsäure bietet die Schießwolle nach Kindt [3]) ein gutes Unterscheidungsmerkmal von Baumwolle; diese wird blau, jene gelb gefärbt.

Die Unlöslichkeit der Schießwolle in kaltem und warmem Wasser ist von Bedeutung, da die vollständige Entsäuerung nur durch diese Eigenschaft möglich ist. In Alkohol, sowie in Aether, soll die reine Schießbaumwolle völlig unlöslich sein; da die gewöhnliche jedoch nie von Nebenproducten frei ist, wird durch diese Lösungsmittel stets eine kleine Menge (nach Abel 3/4 bis 1,5 Proc. eines sauren

---

[1]) Der Schießwollbrei wird nach früheren Angaben mit einer einprocentigen Sodalösung gekocht, nach neueren scheint diese Behandlung nicht erforderlich zu sein. — [2]) Ueber dieselben s. unten S. 36. — [3]) Liebig's Jahresber. 1, 1137.

Digitized by Google

Nitrokörpers) extrahirt. Die explosive Schießwolle ist durch ihre Unlöslichkeit von der in weingeistigem Aether löslichen Collodiumwolle streng geschieden [1]).

Der Feuchtigkeitsgehalt der lufttrocknen Schießbaumwolle beträgt immer 1,5 bis 2 Proc., ist geringer, als der der Baumwolle. Erstere nahm bei einem Versuche in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft nur um 2,75 Proc. zu. Durch eine so geringe Zunahme des Wassergehaltes wird die Entzündlichkeit der Schießbaumwolle nicht merklich beeinträchtigt.

Bildungsweise und Zusammensetzung der Schießwolle.

Die reine Holzfaser (Cellulose), welche zu den sogenannten Kohlehydraten gehört, hat die Zusammensetzung $C_6 H_{10} O_5$ (nach älterer Schreibweise $C_{12} H_{10} O_{10}$); mit ihr gleich zusammengesetzt sind noch mehrere pflanzliche Producte von total abweichendem Aeußern, wie Stärke, Gummiarten, Dextrin u. s. w. Die Einwirkung der Salpetersäure auf den Atomcomplex $C_6 H_{10} O_5$ geht bei der Bildung der Schießwolle in der Art vor sich, daß Wasser aus- und dafür ein Theil der Salpetersäure eintritt. Da nach den besten Angaben die normale Schießwolle die empirische Formel $C_6 H_7 N_3 O_{11}$ besitzt, muß man sich ihre Entstehung nach folgender Reactionsgleichung vorstellen: $C_6 H_{10} O_5 + 3 H N O_3 = 3 H_2 O + C_6 H_7 N_3 O_{11}$.

Die sichere Feststellung der Zusammensetzung, die Grundlage aller weiteren Speculationen über die nähere Constitution der Schießwolle, ist mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden gewesen. Einmal standen den vielen Beobachtern, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, nicht absolut gleichartige Producte zur Verfügung, so daß verschiedene Resultate erhalten werden mußten, und dann bietet die Analyse eines so leicht zersetzbaren, explosiven Körpers ganz besondere Schwierigkeiten. Diese beiden Umstände spiegeln sich deutlich ab in den zahlreichen Analysen, welche bisher mitgetheilt worden sind, und von denen die wichtigsten in der Tabelle auf S. 26 und 27 zusammengestellt sind.

Die von der normalen Zusammensetzung der Schießwolle meistens abweichenden Zahlen können theils durch die Unsicherheit der analytischen Operationen, theils durch Bildung anderer Producte erklärt werden.

Die umständliche Analyse der Schießwolle ist auf verschiedene Weise ausgeführt worden. Kerkhoff und Reuter wogen die Substanz in kleinen Glaskugeln ab, welche durch einen Hahn nach und nach in die mit Kupferoxyd und Kupfer gefüllte Verbrennungsröhre eingebracht wurden und dann explodirten. Peligot leitete ebenfalls die durch allmähliche Verbrennung der Schießwolle entstan-

[1]) Ein vollständig in absolutem Alkohol lösliches Product, das sogenannte Alkolen Lutton's (Liebig, Jahresber. 15, 468) entsteht, wenn flockige Baumwolle in ein auf 80° erwärmtes Gemisch von 4 Thln. concentrirter Schwefelsäure und 3 Thln. Salpetersäure eingetaucht wird (5 Minuten lang).

Digitized by Google

Angabe der Bestandtheile.	Zusammensetzung der normalen Schießwolle.	Schönbein.	Pelouze.	Fehling.	Kerkhoff u. Reuter.	Schmidt u. Hecker.	Crum.
Kohlenstoff	24,24	27,43	25,2	25,9	24,6	24,8	24,7
Wasserstoff	2,37	3,51	2,9	3,7	2,6	2,75	2,5
Stickstoff	14,14	14,26	12,6	10,0	14,3	13,5	13,8
Sauerstoff	59,25	54,77	59,3	60,4	58,5	58,95	59,0
Gewichtszunahme in Procenten	83,33	—	75	—	76,2	69	77,9

denen Gase über glühendes Kupferoxyd und Kupfer. Kohlensäure und Wasser wurden gewogen, der frei gewordene Stickstoff gemessen, der Sauerstoff, wie immer, aus dem Verluste bestimmt. Fehling setzte dem Kupferoxyd chlorsaures Kali zu. W. Crum bestimmte die durch Verbrennung mit chromsaurem Blei entstandene Kohlensäure, indem er sie in einem Eudiometer durch Aetzkali absorbiren ließ. Der Stickstoff wurde nach einer ihm eigenthümlichen Methode bestimmt: Schießwolle wird in einer mit Quecksilber gefüllten graduirten Röhre mit dem 20fachen Gewichte concentrirter Schwefelsäure in Berührung gebracht, welche Salpetersäure freimacht; diese löst das Quecksilber unter Bildung von Stickoxyd auf. Nach Beendigung der Reaction wird der Stand des Quecksilbers abgelesen, dann Eisenvitriollösung hinzugebracht, welche das Stickoxyd absorbirt, und zuletzt wieder abgelesen. 2 Volume Stickoxyd entsprechen 1 Volumen Stickstoff.

Das hygroskopische Wasser der Schießbaumwolle wird durch Trocknen bei 60° bestimmt, die Aschenmenge durch Auflösen derselben in starker Salpetersäure, Eindampfen und Glühen des Rückstandes, welcher nach Abel 0,63 bis 1,14 Proc. beträgt.

Daß sich häufig außer der normalen Schießwolle andere Producte bilden, welche durch ihre Löslichkeit in weingeistigem Aether und ihre Zusammensetzung von jener bedeutend abweichen, ist unzweifelhaft; namentlich begünstigt eine Abnahme der Concentration des Säuregemisches die Entstehung solcher Producte. Die von Hadow[1]) angestellte Versuchsreihe ist in dieser Hinsicht besonders lehrreich und zeigt in prägnanter Weise, wie nothwendig es in der Praxis ist, eine Verdünnung des Säuregemisches zu vermeiden. Hadow erhielt bei Anwendung von:

[1]) Liebig, Jahresber. 7, 625.

Digitized by Google

Hirtenberger Schieß-baumwolle.					Rechtenbacher, Schrötter und Schneider.	Beckerhinn[1])		
						a.	b.	c.
5,6	26,8	26,1	27,7	25,1	23,6 bis 25,1	24,47	24,58	24,47
2,9	3,1	3,1	2,6	3,0	2,3 „ 3,0	2,56	2,48	2,46
2,3	12,5	13,5	11,4	12,4	—	13,72	13,65	13,94
9,2	57,6	57,3	58,3	59,5	—	59,25	59,29	59,13
3,3	—	—	—	—	—	—	—	—

Säuregemisch							Ausbeute a. 100 Thln. Baumwolle	Eigenschaft des Productes.
Gleichen Atomen Salpeter- u. Schwefelsäure							177,0	unlöslich.
„	„	„	„	„	+ 1	Atom Wasser	176,0	„
„	„	„	„	„	+ 1½	„ „	171,7	wenig löslich.
„	„	„	„	„	+ 1⅜	„ „	166,4	völlig löslich.
„	„	„	„	„	+ 1⅚	„ „	160,5	
„	„	„	„	„	+ 2	„ „	157,0	leicht löslich.
„	„	„	„	„	+ 2½	„ „	140,0	sehr leicht löslich.

Wenn schon die geringere Ausbeute anzeigt, daß weniger Salpetersäure an der Reaction Theil genommen haben muß, so hat auch Hadow durch Analysen der verschiedenen Producte wahrscheinlich gemacht, daß sich vorzugsweise drei Körper bilden, welchen er die Formeln: $C_{18} H_{22} N_8 O_{31}$, $C_{18} H_{23} N_7 O_{23}$ und $C_{18} H_{24} N_6 O_{27}$ zuschreibt. Dieselben sind von der dreifachen Formel der Cellulose $C_{18} H_{30} O_{15}$ abgeleitet.

Pelouze[2]) legte der von ihm und zu le Bouchet dargestellten Schießbaumwolle die Formel $C_{12} H_{17} N_5 O_{21}$ bei; er hatte ohne Zweifel eine mit einem intermediären Producte verunreinigte Schießwolle in Händen. Karolyi[3]) giebt der Schießwolle, welche er zu seinen Versuchen, die Explosionsproducte zu bestimmen, benutzte, die empirische Formel $C_{12} H_{17} N_5 O_{19}$; Schmidt und Hecker[4]) leiteten

[1]) Aus Mittheil. über Gegenst. des Art.- u. Genieweſens, Jahrg. 1870, S. 730 ff. a) eine Schießwollprobe, welche 5 Jahre lang ohne Umhüllung in der Erde gelegen hatte; b) eine eben so lange unter Wasser; c) eine trocken aufbewahrte Probe. a, b, c, Mittel aus je zwei Analysen. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **103**, 224. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **169**, 428. — [4]) Journ. f. prakt. Chemie **40**, 257.

Digitized by Google

aus ihren Analysen die Formel $C_{12}H_{15}N_5O_{20}$ ab. Jetzt neigt man sich fast allgemein der Ansicht zu, die unlösliche, nach Lenk's (resp. Abel's) Verfahren dargestellte Schießbaumwolle habe die Zusammensetzung $C_6H_7N_3O_{11}$. Mit dieser Annahme harmonirt auch die in kleinen Versuchen erhaltene Ausbeute [1]).

War man schon über die empirische Formel der Schießwolle nicht einig, so hat man sich auch längere Zeit über die Constitution dieses Körpers, seine rationelle Formel, nicht verständigen können. Jetzt ist die ältere Meinung, die Schießwolle sei eine Nitroverbindung, fast allgemein aufgegeben und durch die zuerst von Béchamp bestimmt ausgesprochene Auffassung verdrängt worden, nach welcher dieselbe ein Aether der Salpetersäure ist. Die Berechtigung dieser letzteren Ansicht ergiebt sich aus zahlreichen Reactionen [2]) der Schießwolle. Concentrirte Schwefelsäure bewirkt schon in der Kälte langsame Zersetzung und macht Salpetersäure frei. Mäßig concentrirte Alkalilösungen (Kali und Natronlauge) bilden bei gewöhnlicher Temperatur langsam, bei 60 bis 80° sehr schnell salpetersaure Alkalien unter Regeneration von Baumwolle. Auch Ammoniakflüssigkeit wirkt analog nach Béchamp und Guignet, während nach Blondeau intermediäre Amidoverbindungen entstehen sollen. Auch Eisenchlorür (Fe_2Cl_4) (Béchamp), sowie Kalium- und Ammoniumsulfhydrat, $KSH, H_4N.SH$ (Hadow, v. Pettenkofer), regeneriren Baumwolle, während die frei gewordene Salpetersäure Eisenchlorür oxydirt, die Sulfhydrate in salpetersaure Salze überführt. Alle diese Reactionen sind zwanglos nur mit der Annahme eines Salpetersäureäthers vereinbar.

Zersetzungserscheinungen der Schießbaumwolle.

Nach Betrachtung der physikalischen und einiger chemischer Eigenschaften der Schießwolle gelangen wir zu dem wichtigsten Verhalten dieses merkwürdigen Körpers, seinen Zersetzungserscheinungen, welche je nach den obwaltenden Bedingungen sich sehr verschieden gestalten können.

Neben der absichtlichen, explosiven Zersetzung der Schießwolle hat man vielfach eine freiwillige, ohne äußeren Anlaß beginnende Zersetzung beobachtet, welche zu verschiedenen Zeiten mit einer Explosion endigend beklagenswerthe Unfälle veranlaßt hat. Die Bedingungen dieser leichten Zersetzbarkeit sind nur zum Theil festgestellt und deren Erkenntniß hat man schon manche Vorschrift zur Erzielung eines haltbaren Productes zu danken. So wird ohne Zweifel eine beständigere Schießwolle fabricirt, seitdem man besondere Sorgfalt auf Entfettung der Baumwolle sowie auf Entsäuerung verwendet, nachdem man erkannt hatte, daß in der Gegenwart von Nebenproducten sowie kleiner Säuremengen ein Anstoß zur Zersetzung liege.

Viele Beobachter haben geglaubt, daß auch ganz oder möglichst reine Schießwolle bei gelinder Temperaturerhöhung der Zersetzung anheimfalle. So erhielt

---

[1]) S. Seite 20. — [2]) Vergl. Jahresber. f. 1870, S. 220. — Dingler, polyt. Journ. **178**, 147. — Liebig's Jahresber. **6**, 550.

Digitized by Google

de Luca[1]) mit französischer Schießwolle ein durchaus ungünstiges Resultat, da alle Proben sich im Sonnenlichte zu zersetzen begannen. Durch gelindes Erwärmen wurde die Zersetzung, welche, wenn einmal begonnen, nicht aufzuhalten war, beschleunigt. Nach de Luca ist der Zersetzungsvorgang der Art, daß sich anfänglich Gase entwickeln (z. B. salpetrige Säure); die Masse nimmt bedeutend an Volumen ab und der Rückstand enthält neben kleinen Mengen einer stickstoffhaltigen Substanz und Spuren Ameisen- und Essigsäure, Glykose, Oxalsäure und sogenannter Gummose. Aehnlich beobachtete A. W. Hofmann[2]) das Zerfallen einer 13 Jahre zuvor dargestellten Schießwollprobe.

Jetzt liegen jedoch andererseits zahlreiche und zuverlässige Beobachtungen vor, nach welchen die Lenk'sche Schießwolle einen hohen Grad von Beständigkeit besitzt. Die große Zersetzbarkeit rührte von den Verunreinigungen her, welche durch das neueste Verfahren auf das geringste Maß beschränkt sind. Abel[3]) hat durch eine gründliche Versuchsreihe dargethan, daß Sonnenlicht auf Lenk'sche Schießwolle gar nicht einwirkt, daß dieselbe bis auf 90° erwärmt nnd kurze Zeit bei dieser Temperatur erhalten werden kann, ohne sich zu verändern; er erwärmte mit Schießwolle vollgepackte Kisten sechs Monate lang auf 50°, und auch so wurde keine Zersetzung eingeleitet. Versuche, welche Tranzl[4]) angestellt hat, bestätigten vollkommen diese Thatsache. Abel hält mit dem Beweise der Haltbarkeit reiner Schießwolle die Haupt- und Lebensfrage derselben für gelöst.

Trotz dieser günstigen Zeugnisse hat man stets Sorge getragen, die Haltbarkeit der Schießwolle zu erhöhen, zumal da durch solche, welche man für rein hielt, entsetzliche Explosionen herbeigeführt worden sind (1848 zu le Bouchet, 1862 und 1865 bei Wien). Abel empfiehlt, die Schießwolle in feuchtem (nicht nassem) Zustande aufzubewahren, da sie so ganz gefahrlos zu handhaben ist, sich Jahre lang unzersetzt erhält und nach dem Trocknen ihre ursprünglichen Eigenschaften in vollem Umfange wieder gewinnt[5]).

Der Silicirungsproceß Lenk's arbeitet auf ein beständigeres Product hin. Ebenso wirkt Zusatz von Soda, welche die etwa frei werdende Salpetersäure bindet und so die Zersetzung im Keime erstickt. In der That zeigte Schießbaumwolle, welche mit 1 Proc. Soda imprägnirt war, nachdem sie während drei Wochen täglich sieben Stunden lang auf 95 bis 100° erhitzt worden war, nicht die geringste Spur von Zersetzung. — Prentice[6]) tränkte früher die Fasern der Schießwolle mit Paraffin, später mit einer Auflösung von Kautschuk (Lösungsmittel unbekannt).

Nur ein haltbares Product hat Aussicht erfolgreiche Anwendung zu finden; denn von der Beständigkeit desselben sind in erster Linie die gleichmäßigen Wirkungen bei der explosiven Zersetzung abhängig. Die letztere kann auf verschiedene Weise erreicht werden. So erfolgt Explosion der Schießwolle durch kräftigen

---

[1]) Compt. rend. **59**, 487. — [2]) Jahresber. 1860, S. 466. — [3]) Dingler, **185**, 157. — [4]) In seiner Schrift: Explosive Nitrilverbindungen ꝛc., S. 42. — [5]) Nach einer Notiz des Mechan. Magazine 1872, S. 478, ist es Brown gelungen, comprimirte Schießwolle mit 15 bis 20 Proc. Wasser zur Explosion zu bringen. Wie? ist nicht gesagt. — [6]) Jahresber. 1867, S. 358.

Digitized by Google

Schlag oder Stoß zwischen harten Körpern. Meistens detoniren nur die direct getroffenen Theilchen, unter besonderen Umständen sind jedoch auch Explosionen der ganzen Menge vorgekommen.

In der Praxis wird die Verpuffung durch Entzünden erreicht; jedoch kann auch durch langsames Erhitzen Schießwolle zum Explodiren gebracht werden. Der Temperaturgrad, bei welchem Entzündung eintritt, ist sehr verschieden angegeben worden; derselbe scheint von der Schnelligkeit des Erwärmens abzuhängen. Allmählich erhitzte Schießwolle explodirt in der Regel nicht unter 130°, ja zuweilen gar nicht. Nach Horsley [1]), welcher Schießwolle im Oelbad langsam erhitzte, fand die Entzündung der einen Sorte bei 163°, einer anderen bei 220° statt. Schnell erhitzte Schießwolle explodirt durchschnittlich zwischen 136° und 180°. Der Entzündungspunkt variirt mit der Structur der Schießwolle. Ebenso ist die Schnelligkeit der explosiven Zersetzung von dem Gefüge jener abhängig.

Die Schießwolle verbrennt im freien Raume mit einer großen, orangegelben Flamme. In Folge der außerordentlich schnellen Fortpflanzung der Entzündung und der geringeren Temperatur, welche zu dieser erforderlich ist, kann man kleine Mengen Schießbaumwolle auf Pulver abbrennen, ohne daß dieses sich entflammt.

Die Schießwolle erzeugt bei ihrer raschen Verbrennung eine bedeutende Gasmenge, welche durch ihre enorme Spannung als Trieb- und Sprengkraft verwerthet wird. Der Vorgang ist je nach den bei der Explosion statthabenden Bedingungen verschieden. Wird die Verpuffung im luftleeren Raume vorgenommen, so findet sich unter den Verbrennungsproducten stets Stickoxyd (NO), während bei hohem Drucke, also unter den in Wirklichkeit stattfindenden Bedingungen, dieses Gas, welches äußerst nachtheilig auf Feuerwaffen und gesundheitsschädlich wirken würde, fehlt.

Das Verhalten der Schießbaumwolle im luftverdünnten Raume beim Erhitzen ist sehr merkwürdig. Bianchi [2]) hatte beobachtet, daß Schießwolle sowohl wie Schießpulver im Vacuum, auch wenn plötzlich stark erhitzt, nur langsam abbrennen. Heeren [3]) und Abel [4]) haben diese Versuche auf eine große Zahl explosiver Substanzen ausgedehnt und Bianchi's Resultat bestätigt. Die Erklärung dieser allein durch Aufhebung des atmosphärischen Druckes bewirkten Veränderung wird in dem leichten Entweichen der Verbrennungsgase gesucht, welche deshalb nicht die hohe Temperatur erreichen können, welche zur vollständigen, momentanen Zersetzung nöthig ist.

Die neuesten Versuche, die Menge und Zusammensetzung der Explosionsgase festzustellen, sind von Karolyi [5]) mit großer Umsicht ausgeführt worden. Die früher von Hecker und Schmidt [6]) sowie von Teschenmacher und Porret [7]) mitgetheilten Bestimmungen der Gase, welche durch Verpuffen im Vacuum gebildet waren, weichen beträchtlich von denen Karolyi's ab. Dieser verglich zuerst die im leeren Raume entstandenen Producte mit den im lufterfüllten gebildeten. Die ersteren erhielt er in einem etwa 1 m langen Eudiometer, an dessen oben

---

[1]) Dingler, polyt. Journ., **190**, 250. — [2]) Compt. rend. **55**, 97. — [3]) Dingler, polyt. Journ., **180**, 286. — [4]) Compt. rend. **69**, 105. — [5]) Dingler, polyt. Journ., **169**, 428. — [6]) Liebig, Jahresber., **1**, 1141. — [7]) Ibidem.

Digitized by Google

eingeschmolzenen Platindraht 15 bis 20 mg Schießbaumwolle befestigt wurden; in der entstandenen Toricellischen Leere wurde dann Zersetzung durch elektrisches Glühen bewirkt; die gebildeten Gase konnten direct analysirt werden. Um Schießwolle unter erhöhtem Drucke zu verbrennen, wurde dieselbe in einem kleinen eisernen Cylinder luftdicht eingeschlossen, welcher sich im Innern einer luftleer gemachten 60pfündigen Bombe (von 5216 cbcm Inhalt) befand. Diese konnte durch ein luftdicht eingesetztes, mit Hahn versehenes Rohr mit einem Eudiometer in Verbindung treten, die Gase also, welche nach der durch Elektricität erfolgten Explosion der Schießwolle und Sprengung des Cylinders den Hohlraum erfüllten, zur Analyse übergefüllt werden. Karolyi hatte durch Versuche festgestellt, daß zum besten Gelingen des Versuches 10 g Schießwolle erforderlich seien.

Hecker und Schmidt erhielten aus 1 g Schießwolle durchschnittlich 588 cbcm Gas, Teschenmacher und Porret 483 cbcm, Karolyi 755 cbcm (Schießwolle unter hohem Druck explodirt). Alle Volumen sind auf 0° und 0,76 m Druck berechnet.

Aus der folgenden Tabelle ist die Zusammensetzung der Gase (in Volumenprocenten), wie sie von den verschiedenen Beobachtern gefunden wurde, zu ersehen:

	Hecker und Schmidt.	Teschenmacher und Porret.	Karolyi	
			a.	b.
	Im Vacuum verbrannt.			Unter hohem Druck explodirt
Kohlenoxyd	37,91	19,02	28,55	28,95
Kohlensäure	13,32	7,63	19,11	20,82
Grubengas	—	—	11,17	7,24
Oelbildendes Gas	4,63	—	—	—
Cyan	—	3,79	—	—
Stickoxyd	15,35	18,08	8,83	—
Stickstoff	4,03	3,82	8,56	12,67
Wasserdampf	24,76	47,66	21,93	25,31
Wasserstoff	—	—	—	3,16
	100,00	100,00	98,15 [1]	98,18 [1]

Das bedeutsamste Resultat, welches aus Karolyi's Analysen gezogen werden kann, und das auch der praktischen Erfahrung entspricht, ist die Thatsache, daß die Beschaffenheit der Gase von dem Druck und der Temperatur, welche bei

[1] Das an 100 Fehlende ist unverbrannter Kohlenstoff.

Digitized by Google

der Explosion herrschten, abhängt. Das Verschwinden des Stickoxyds bei der Verbrennung unter hohem Drucke erklärt Karolyi durch die Annahme, daß bei der erhöhten Temperatur das Grubengas und der Wasserstoff reducirend wirken, indem beide dem Stickoxyd Sauerstoff entziehen, und so unter Abscheidung von Stickstoff Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasser gebildet werden. Der Mehrgehalt an diesen Bestandtheilen unterstützt diese Ansicht. In beiden Fällen a. und b. sind die Gase brennbar; auch dieser Umstand hat bei Sprengungen praktische Bedeutung.

Die Schießwollgase sind ebenso, wie die Pulvergase, durch die Anwesenheit von Kohlenoxyd und Kohlensäure giftig. Die Verbrennungsproducte der Schießwolle sind bis auf einen höchstens 2 Procent betragenden Rückstand bei der Explosionstemperatur gasförmig; unter ihnen fällt der größte Antheil der treibenden Kraft auf Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff, Grubengas (und Wasserstoff).

Man hat aus den von Karolyi gewonnenen Daten, welche allerdings nicht völlig den theoretischen Anschauungen über den Zersetzungsvorgang entsprechen, die Spannkraft der Gase zu berechnen gesucht. Diese ist abhängig von der Menge der entstandenen Gase und deren Ausdehnung durch die Verbrennungstemperatur; als Nebenumstand wirkt die in dem Explosionsraum eingeschlossene Luft mit. Der Raum, welchen die Gase während und momentan nach der Verbrennung einnehmen, ist also maßgebend für die treibende Kraft, welche eine bestimmte Menge Schießwolle ausüben kann.

Die Verbrennungswärme, ein für die in Frage stehende Berechnung unentbehrlicher Factor, ist bisher nur auf theoretischem Wege sehr unsicher bestimmt worden. Je nach der Art, wie man sich den Verlauf der Zersetzung denkt, gelangt man zu höheren oder geringeren Zahlen. So ist die Verbrennungstemperatur der Schießwolle theoretisch zu 6000° berechnet worden, ein Werth, welcher gewiß zu hoch ist, weil die durch Dissociation absorbirte Wärme nicht in Abzug gebracht worden ist. Experimentell ist die Flammentemperatur noch nicht bestimmt worden, wie dies Bunsen und Schischkoff für das Schießpulver ausgeführt haben.

Versuche, welche v. Uchatius angestellt hat, ergaben, daß unter verschiedenen Bedingungen 1 Thl. Schießwolle eine so große Arbeit leistet, wie 2,7 bis 4,15 Thle. Schießpulver. Nur weitere Versuche, nicht theoretische Speculationen [1]) können endgültig über die Kraftleistung der Schießwolle entscheiden.

---

[1]) Berthelot (Sur la force de la poudre etc., pag. 179) gelangt zu folgender sehr hypothetischen Vorstellung des Zersetzungsvorganges der Schießwolle, welcher er eine besondere Formel (mit alten Atomgewichten) beilegt:

$$2\,[C_{24}H_{10}O_{10}(NO_6H)_5] = 7\,C_2O_4 + 12\,C_2O_2 + 2\,C_2H_4 + H + 3\,C_2HN + 9\,H_2O_2 + 5\,NO_2 + 2\,N.$$

Aus dieser Gleichung berechnet Berthelot, daß 1 Kg Schießwolle 801 l Gas (bei 100° und 0,76 m Druck) liefert und etwa 590000 Calorieen entwickelt.

Digitized by Google

Anwendung der Schießbaumwolle.

Die bedeutende Wirkung der Schießwolle im Vergleiche zu der des Pulvers, die Eigenthümlichkeit, ohne Rückstand und ohne Rauch zu verbrennen, haben seit der Entdeckung dieses interessanten Körpers Anregung zu Versuchen gegeben, denselben als Schieß- und Sprengpräparat zu verwerthen. Was die Anwendung desselben in Feuerwaffen betrifft, so hat man namentlich in Oesterreich und England die nachtheiligen Wirkungen auf die Läufe zu paralysiren gewußt; aber zu einer Verdrängung des Pulvers, welche für möglich gehalten wurde, kam es nicht. In Oesterreich hat man sogar alle Versuche neuerdings aufgegeben; in England ist eine allgemeine Einführung zu militärischen Zwecken wohl beabsichtigt, aber noch nicht versucht, während Schießwolle für Jagdpatronen und zu Sprengzwecken in ausgedehntem Maße fabricirt wird.

Den Vorzügen, welche die Schießwolle in so ausgezeichneter Weise gerade zum Gebrauch in Feuerwaffen zu befähigen scheinen, und welche in der Verbrennung ohne Rückstand und Rauch und in der mit geringen Quantitäten möglichen Kraftleistung bestehen, stellen sich mancherlei Nachtheile gegenüber, welche namentlich in früheren Jahren so gewichtig waren, daß die Schießversuche immer ungünstig ausfielen. Die Uebelstände, welche man abzuschwächen, ja zu beseitigen verstanden hat, bestanden in der brisanten und auch ungleichmäßigen Wirkung der Schießwolle, ihrer lockeren, einen großen Raum beanspruchenden, Structur und der oft beobachteten freiwilligen Zersetzung.

Die bald nach der Entdeckung der Schießwolle in verschiedenen Ländern unternommenen Schießversuche ergaben, daß Infanteriegewehre, welche mit Pulver 3000 Schüsse aushielten, mit etwa äquivalenter Schießwolladung nach durchschnittlich 500 Schüssen unbrauchbar wurden. Flintenläufe, welche mit 27,5 g Pulver geladen werden durften, zersprangen bei einer Ladung von 7 bis 8 g Schießwolle. Zeigten diese Ergebnisse die stark brisante Wirkung, so stellte sich auch andererseits eine nur geringe Trefffähigkeit in Folge ungleichmäßiger Wirkung heraus.

Diese Unzuverlässigkeit war hauptsächlich dem Umstande zu danken, daß keine gleichartige Dichte des Präparats erreicht wurde. Die Schießwolle konnte nicht, wie das Schießpulver, abgemessen, sie mußte abgewogen werden. Dadurch wurde die Anfertigung von Patronen und Kartuschen erheblich erschwert.

Zur genaueren Erkenntniß der Wirksamkeit der Schießwolle waren seit 1846 zahlreiche Versuche angestellt worden; dieselben sollten entscheiden, in welchem Verhältnisse die Explosionskraft der Schießwolle zu der des Schießpulvers stehe. Zu Paris wurde die dem Geschosse ertheilte Anfangsgeschwindigkeit mit dem ballistischen Pendel ermittelt und der Effect von 5 Thln. Schießwolle in einem Geschütz gleich dem von 13 bis 14 Thln. Pulver gefunden. Séguier's Verfahren, die Stärke der Abplattung von abgefeuerten Bleikugeln zu messen, konnte nicht genaue Resultate liefern; er fand 1 Thl. Schießwolle äquivalent mit 6 Thln. Jagdpulver.

Digitized by Google

Maurey [1]) hält 3 Thle. der ersteren für gleichwerthig mit 5 Thln. des letzteren. Hartmann dagegen schreibt der Schießwolle je nach Art der Anwendung eine 3- bis 9fache Wirkung zu. v. Lenk endlich giebt dieselbe zu dem 3- bis 6fachen von der des Pulvers an. Auch Sprengversuche ergaben je nach der Natur des Gesteins abweichende, jedoch günstige Resultate.

Die brisante Wirkung der Schießbaumwolle, welche durch die rapide Zersetzung im geschlossenen Raume bedingt ist, war unzweifelhaft die bedeutendste Schwierigkeit, welche sich der Einführung des Schießpräparats entgegenstellte. v. Uchatius hat mittelst seiner Pulverprobe die Größe des Gasdruckes ermittelt, welcher bei der Explosion verschiedener Pyroxylinsubstanzen erzeugt wurde; die von ihm erhaltenen Zahlen geben ein Maß für die brisante Wirkung; zum Vergleiche ist der durch Schießpulver hervorgebrachte Druck mit aufgeführt:

		Ladung in Grammen.	Anfangsgeschwindigkeit des 400 g schweren Spitzgeschosses.	Bodendruck in Atmosphären gemessen.
Pyroxyline aus:	Holzpulver . .	0,471	201 m	1195
	Maisfasern . .	0,455	"	1365
	Flachswolle . .	0,422	"	1735
	Baumwolle .	0,439	"	1820
Oesterreichisches Gewehrpulver		1,82	"	458

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß man mit 1 Thl. Schießwolle dieselbe Anfangsgeschwindigkeit erzielt, wie mit 4 Thln. Pulver; aber trotz der 4mal geringeren Ladung wird eine 4mal größere Gasspannung angezeigt.

Man hat die brisanten Wirkungen der Schießwolle zu mildern gesucht dadurch, daß man die Verbrennungsgeschwindigkeit, sei es durch Zusätze oder durch Structurveränderung vermindert hat. Pelouze empfahl zuerst, die Schießwolle mit gewöhnlicher Baumwolle zusammenzukrempeln, sie gewissermaßen zu verdünnen. Die abschwächende Wirkung wurde allerdings erzielt, jedoch war dieselbe zu ungleichmäßig. Derselbe Gedanke lag dem von Prentice [2]) angewandten Verfahren zu Grunde, welches darin bestand, daß Papierstoffe im Holländer mit mehr oder weniger Schießwolle verarbeitet wurden. Aus dem gewonnenen Schießwollpapier wurden Patronen für Gewehre und Geschütze gefertigt.

Séguier [3]) versuchte zuerst langsam explodirende Zusätze, um die Explosions-

[1]) Compt. rend. **28**, 343. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **190**, 253. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **179**, 190.

Digitized by Google

dauer zu verlängern. Seine schon 1847 und 1848 gemachten Versuche bezweckten, die Trägheit des Geschosses allmählich zu überwinden, die Geschwindigkeit desselben im Rohre zu steigern und so den gesammten Kraftvorrath der Schießwolle zu erschöpfen. Séguier benutzte Metallkapselpatronen, deren vorderer Theil, welcher zuerst entzündet wurde, Minenpulver enthielt, durch dessen Verbrennung die Trägheit des Projectils überwunden werden sollte. In dem anderen Theile befand sich Schießwolle, deren Explosionsgase die treibende Kraft repräsentirten.

Während die Vorschläge, die Schießwolle in einem großen Ladungsraume anzuwenden und dadurch ihre Wirkung zu schwächen, nicht praktisch, weil nicht rationell waren, sind in entgegengesetzter Richtung Versuche mit großem Erfolge angestellt worden. Schon Séguier empfahl, eine dichtere Aneinanderlegung der Fasern zu bewerkstelligen. v. Lenk hatte bei der Einführung seiner Schießwollgeschütze die Schießwolle in einer Form angewendet, welche sich im Laufe mehrerer Jahre als sehr praktisch erwies, indem die bronzenen Röhre eine genügende Ausdauer zeigten. Ein bestimmtes Gewicht gesponnener Schießwolle wird auf der Mantelfläche eines hohlen cylindrischen oder konischen Holzkörpers aufgewickelt; der letztere ist an beiden Enden geschlossen. Die Entzündung geschieht (durch eine Schlagröhre) am hinteren Ende. Der Holzkörper verhindert im ersten Moment ein rapides Abbrennen, da die Entzündung sich nur peripherisch verbreiten kann. Erst nachdem die Spannung der Gase eine gewisse Höhe erreicht hat, erfolgt Zertrümmerung des Holzcylinders und vollkommene Verbrennung. Die im ersten Moment allmählich zunehmende Gasspannung soll die Trägheit des Projectils überwinden.

Aus einem österreichischen Zwölfpfünder [1]) konnten 1000 Schuß (die Ladung wog 481 g) abgefeuert werden, ohne daß die Rohrwände angegriffen wurden. Die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses war gleichmäßig und betrug durchschnittlich 427 m. Sehr günstig spricht sich Abel [2]) über die Lenk'sche Schießwolle aus, mit welcher er zahlreiche Schieß- und Sprengversuche angestellt hat. Die Schnüre, welche er anwandte, und von denen ein Fuß in einer Secunde abbrannte, waren entweder aufgewickelt oder in einem steifen Pappcylinder eingeschlossen. Abgesehen von dem Vorzug, daß Rückstand und Rauch fehlten, war auch die Erwärmung des Rohres bedeutend geringer, als bei Anwendung von Schießpulver. Aus einem Sechspfünder wurden 100 Schuß in 34 Minuten abgegeben; die Temperatur des Rohres war nur auf 50° gestiegen, während bei ähnlichen Versuchen mit Schießpulver das Rohr öfters gekühlt werden mußte. Auch der Rückstoß (Rücklauf des Geschützes) war um ein Drittel geringer, als bei Anwendung einer äquivalenten Pulverladung. Was die ballistische Wirkung anbelangt, so wurde mit 422 g Schießwolle eine Anfangsgeschwindigkeit von 491 m erzielt, während dieselbe mit 938 g Schießpulver 420 m betrug. Nach 1000 Schüssen war keine zerstörende Wirkung im Rohre zu bemerken.

Die später von Abel eingeführte comprimirte Schießwolle scheint am meisten Aussicht zu haben, als ein brauchbarer Ersatz für Schießpulver zu dienen. Denn man hat es in der Hand, der Masse jede beliebige Form und

[1]) Jahresber. 1864, S. 234. — [2]) Jahresber. 1863, S. 310.

Digitized by Google

Dichtigkeit zu geben. Außerdem kann durch Zündcanäle die Gasproduction in zweckentsprechender Weise regulirt werden.

In Stowmarket wurden 1868 bei vollem Betriebe täglich 16 000 Stück Patronen gefertigt, deren Hülle selbst aus stark comprimirter Schießwolle besteht, welche mit einem dünnen Guttaperchahäutchen wasserdicht überzogen ist. Für Sprengpatronen wird der Schießwollbrei in Formen gepreßt, welche einen oder mehrere Dorne enthalten, damit Höhlungen zur schnelleren Zündung entstehen. Die gepreßte Masse wird, in Pergamentpapier eingehüllt, bei 60° getrocknet.

Die stark comprimirte Schießwolle zeigt je nach der Art ihrer Entzündung ein höchst verschiedenes Verhalten. An offener Luft brennt sie ruhig ab, wie ein langsam brennender Pulversatz. Sie ist nach Abels[1]) Versuchen gegen Stoß und Schlag in hohem Grade unempfindlich. Eine abgefeuerte Büchsenkugel verursacht bei ihrem Durchgange keine Entzündung. Dagegen wirkt dieselbe Schießwolle, wenn sie durch ein stark geladenes Zündhütchen entzündet wird, sehr stark explosiv, ja nach Abel 10- bis 12mal so kräftig, als Schießpulver. Gerade diese Eigenschaften haben bisher der comprimirten Schießwolle besonders im Bergbau, überhaupt bei Sprengungen Eingang verschafft.

Es war ganz natürlich, daß man einen durch so rapide Zersetzung (brisante Wirkung) ausgezeichneten Körper, wie die Schießwolle, sofort bei Sprengungen zu verwerthen gedachte. So wurde schon 1847 von erfolgreichen Versuchen berichtet. Hall und Sohn[2]) haben die Schießwolle bei Erdarbeiten in Thon und Sandstein benutzt und gefunden, daß 1 Thl. derselben soviel leistet, wie 6 Thle. Schießpulver. Reindl hält sogar 1 Thl. von jener 8 Thln. Schwarzpulver äquivalent, wenn in hartem Gestein gesprengt wird. Nach Versuchen der französischen Commission unter dem Herzog von Montpensier war 1 Thl. Schießwolle in seiner Wirkung in weichem Gestein gleich 4 Thln. Sprengpulver, während nach Abel Lenk'sches Product in seiner Leistung dem 6,27fachen Gewicht Pulver entspricht.

Nach allen Beobachtern wirkt die Schießbaumwolle bedeutend kräftiger in hartem compactem Gestein, als in weichem oder gar zerklüftetem. Die Verschiedenheit der Angaben läßt sich theils aus diesem Umstande, theils aus der sehr ungleichen Beschaffenheit der angewendeten Schießwolle erklären.

Bei Sprengarbeiten ist die Schießwolle theils für sich, theils mit Zusätzen, zur Anwendung gelangt. Im ersteren Falle erhielt dieselbe früher gewöhnlich die Form hohler, geflochtener, etwa 0,05 m starker Stricke, welche in dem Gebrauch entsprechende Stücke zerschnitten wurden. Bei Comorn wurden die von Oppermann geleiteten Sprengungen mit Patronen ausgeführt, welche aus über einander gewickelten Schießwollfäden bestanden (die Patronen hatten 62 g Gewicht, 0,107 m Länge und 0,026 m Durchmesser). Mit größerem Erfolge wurden bei Sprengung der Wiener Wallmauern Patronen mit innerer Höhlung benutzt, welche, obwohl nur 46 g Schießwolle enthaltend, dieselbe Wirkung äußerten, wie jene.

Die Fabrik in Stowmarket liefert die zum Sprengen bestimmte gepreßte Schießwolle in Cylindern von 2 bis 5,2 cm Durchmesser und 2,6 bis 7,8 cm

[1]) Wiek's Gew.-Ztg. 1872, S. 220. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **104**, 465.

Digitized by Google

Länge; dieselben haben eine axiale Durchbohrung etwa $4^1/_2$ mm im Durchmesser, welche zur Aufnahme des Zünders dient. Jeder Cylinder ist in eine Hülle dünnen Pergamentpapiers eingeschlossen.

Da, wie man leicht aus der Zusammensetzung der Schießbaumwolle ersieht, der in ihr enthaltene Sauerstoff nicht hinreicht, den Kohlenstoff und Wasserstoff vollständig zu verbrennen, sind von verschiedenen Seiten Zusätze empfohlen worden, welche diesem Mangel abhelfen sollen. Coathupe und Caldwell [1]) tauchen Schießwolle 15 Minuten lang in eine concentrirte Lösung von chlorsaurem Kali und trocknen das imprägnirte Präparat. Combes [2]) mengt 5 Thle. Schießwolle mit 4 Thln. chlorsaurem Kali oder der gleichen Menge Kalisalpeter (resp. 3,5 Thln. Natronsalpeter); er erhielt mit solchem Gemenge eine 9 Thln. Schießwolle entsprechende Wirkung. Derselbe Effect würde nach ihm durch 30 Thle. Schwarzpulver erreicht worden sein.

Ob die Gefahr der Fabrikation und Handhabung durch Anwendung solcher Zusätze zunimmt, ist nicht angegeben. Dieser Punkt war namentlich wichtig bei der früher gebräuchlichen Art, die Bohrlöcher zu besetzen, welche Operation niemals gefahrlos ist.

Die Dimensionen der Bohrlöcher sind je nach den localen Verhältnissen und den zu Gebote stehenden Sprengladungen verschieden. Beispielsweise hatten die von Oppermann angelegten einen Durchmesser von 6 bis 6,5 cm und waren für eine Ladung von 180 bis 210 g Schießwolle bestimmt. Die Länge der Bohrlöcher mußte dergestalt gewählt werden, daß außer dem durch die Ladung eingenommenen Raume noch 30 cm für Pfropfen und Besatz übrig waren. Die Zündung der Ladung erfolgte hier, wie auch bei früheren Gelegenheiten, entweder durch den elektrischen Funken oder vermittelst Zündschnüren, welche, selbst aus Schießwolle gefertigt, durch die Patrone hindurchgingen und außerhalb derselben von einer wasserdichten Hülle umgeben waren.

Fig. 1.

In der neueren Zeit hat man durch eine besondere Art der Entzündung, welche zuerst von Nobel beim Arbeiten mit Nitroglycerin eingeführt wurde, die Sprengarbeiten mit Schießwolle wesentlich erleichtert und die Wirkung der letzteren erhöht. Die neue Methode beruht auf der natürlichen Voraussetzung, daß, je vollständiger eine momentane Entzündung durch die ganze Masse stattfindet, desto größer die Wirkung sein muß. Diese gleichzeitige Zersetzung wird durch ein dreifach oder noch stärker geladenes Zündhütchen oder durch einen detonirenden Zünder [3]) bewirkt. Dieser besteht aus einer schwach konischen Kupferröhre, welche im unteren Theile *a b* (Fig. 1) mit einem Knallsatz, im oberen *b c* mit lockerer Schießwolle gefüllt ist, und in die an dem einen Ende eine Zündschnur mündet.

Abel zeigte durch den Versuch, daß 1,3 g Knallquecksilber, wenn sie in einer Metallhülle eingeschlossen waren, genügten, die

[1]) Jahresber. 1857, S. 357. — [2]) Liebig, Jahresber. 1, 1144. — [3]) Dingler 192, 405.

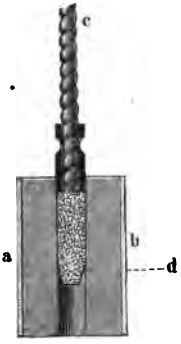
Digitized by Google

Explosion zu bewerkstelligen, auch wenn der Zünder 1 bis 2 cm von der Oberfläche der Schießwolle entfernt war; ja wenn zwischen beiden eine 1 cm starke Wasserschicht lag, wurde auch die Detonation der Schießwolle herbeigeführt.

Die Wirkung dieser Zünder zeigt sich schon an freier Luft, indem comprimirte Schießwolle, welche unter gewöhnlichen Umständen nur langsam abbrennt, mit heftigem Knalle explodirt, wenn sie mittelst jener entzündet wird. In einem Bohrloche ist der Erfolg nach mehreren Berichten [1]) ein colossaler; ein Hauptvorzug besteht darin, daß ein Besatz nicht erforderlich ist. Die Zeit, in welcher sich die Explosionsgase entwickeln, das Sprengmittel also zur vollen Kraftleistung gelangt, ist nämlich eine so verschwindend kleine, daß nur ein minimaler Theil der enormen Kraft zur Ueberwindung des Atmosphärendruckes verwendet werden kann.

Mit Detonationszündern verfährt man auf folgende Weise: Das vorgerichtete Bohrloch wird bis zu der gewünschten Höhe mit den oben [2]) beschriebenen Schießwollcylindern gefüllt; dieselben müssen sich ohne starke Reibung, welche gefährlich werden könnte, einschieben lassen. Der entstehende Spielraum ist, wenn auch schädlich, doch unvermeidlich. Die mit Zündschnur versehene Kapsel, welche den Knallsatz enthält, wird fest in die innere Höhlung einer kleinen Patrone (Fig. 2, eine adjustirte Zündpatrone: *ab* Patrone, *cd* Detonationszünder mit Zündschnur) eingesetzt, und diese auf die Ladung geschoben.

Fig. 2.



Versuche, welche bei Chatam und Woolwich nach diesem Verfahren angestellt wurden, ergaben überraschend günstige Resultate. Mittelst kleiner Mengen comprimirter Schießwolle wurden Granitblöcke, eiserne Platten zerrissen. Beim Umlegen von Mauern, Zerstören von Pallissaden, zeigte sich ebenfalls die treffliche Wirkung. Auch bei submarinen Sprengungen bewährte sich die neue Entzündungsart; jedoch muß in diesem Falle für eine wasserdichte Hülle Sorge getragen werden. Abel [3]) giebt an, daß der Effect der nach dieser Methode entzündeten Schießwolle das Doppelte von dem auf gewöhnlichem Wege Erreichten betrage.

Da durch Einführung der Detonationszünder nicht nur die Sprengwirkung bedeutend erhöht, sondern auch die Arbeit durch Wegfall des Besatzes erleichtert ist, so darf man annehmen, daß die Schießwolle in der Sprengtechnik eine stetig wachsende Bedeutung gewinnen wird. Freilich ist der theure Preis der Zünder, welche eine starke Ladung enthalten müssen, ein Nachtheil, welcher nicht unterschätzt werden darf. Trauzl [4]) giebt an, daß 50 Kg Schießwolle durchschnittlich Zünder im Werthe von 30 Thalern brauchen. In diesem Umstande erblickt Trauzl den Grund, warum in der Bergtechnik die Detonationszündung bisher nur beschränkte Anwendung gefunden habe. Immerhin ist dem Nitroglycerin und dessen Präparaten in der comprimirten Schießwolle ein beachtenswerther Concurrent erwachsen.

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 165 und 405. — [2]) S. S. 36. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **195**, 364. — [4]) l. c. S. 136.

Digitized by Google

Als Sprengladung für Hohlgeschosse und Torpedos wird jetzt die Schießwolle in England angewendet; zur Füllung ersterer wird dieselbe in Streifen oder cylindrische Ringe zerschnitten. In Oesterreich erhielten die einige Zeit eingeführten 3-, 4- und 8pfündigen Granaten eine Ladung von resp. 41,5, 50, 116,5 g. Die erhöhte Sprengwirkung äußerte sich darin, daß die Granaten in circa 100 bis 120 Stücke zersprangen, während unter ähnlichen Verhältnissen bei Anwendung von Schießpulver die Zahl derselben 40 selten übersteigt. Die in der englischen Marine eingeführten Torpedos, welche zu Woolwich fabricirt werden, erhalten verschieden starke Ladungen, nämlich 250, 125 und 50 Kg Schießwolle.

Aus den mannigfaltigen, vielseitigen Erfahrungen, welche über die Anwendbarkeit der Schießwolle zu Schieß- und Sprengzwecken gewonnen sind, ein richtiges Facit zu ziehen, ist nicht leicht. Die früheren Versuche sind nicht völlig maßgebend, weil sie mit einer Schießwolle ausgeführt wurden, deren Beschaffenheit häufig mangelhaft war; erst nach Einführung der wesentlichen Verbesserungen in der Fabrikation und Handhabung durch v. Lenk und Abel kann man mit einiger Sicherheit die Wirkungen der Schießwolle mit denen des Schießpulvers vergleichen. So ist denn der Vortheil, welchen die Anwendung der ersteren bei Sprengungen bietet, evident.

Die früher benutzte Schießwolle hatte durch ihre Lockerheit den Nachtheil, große Bohrlöcher zu beanspruchen; die Einführung der comprimirten hat diesen Uebelstand so gut wie vollkommen beseitigt. Auch hat sich bei englischen Versuchen ergeben, daß es nicht rathsam ist, allzu tiefe Bohrlöcher anzulegen: In einem etwa 1 m tiefen Bohrloche zeigten 116 g comprimirter Schießwolle die Wirkung einer 7fachen Menge Pulver, in einem 0,785 m tiefen entsprachen 58 g von jener dem 9fachen Gewichte Pulver; endlich waren sogar in einem 0,419 m tiefen Bohrloche 17 g Schießwolle der 10fachen Menge Pulver äquivalent.

In Folge der das Pulver bis um das 10fache übertreffenden Sprengwirkung der Schießwolle ist also auch eine entsprechend geringere Zahl Bohrlöcher nothwendig. Da nicht nur an Arbeit, sondern auch an Zeit gespart wird, fallen trotz des hohen Preises der Schießwolle die Gesammtsprengkosten bis um die Hälfte geringer aus.

Ein weiterer sehr beachtenswerther Vortheil ist durch die Verbrennung ohne Rauch bedingt. Bei Sprengungen in tiefen Gruben, deren Ventilation erschwert ist, macht der Pulverrauch dieselben für längere Zeit unzugänglich. Der Vorzug der Schießwolle wird z. B. in californischen [1]) Gruben anerkannt, in welchen das Schießpulver möglichst wenig zum Sprengen benutzt wird.

Nach anderen Berichten wirken die Verbrennungsgase der Schießwolle im Stollenbetriebe angreifend auf Kopf, Lungen und Kehle, jedoch nur wenn die Explosion unvollständig geblieben war; Rauch wurde niemals bemerkt.

Nach vielen Beobachtungen werden die Gesteinsmassen beim Sprengen mit Schießwolle bedeutender zerklüftet, jedoch weniger geschleudert, als bei Anwendung von Pulver. Auch findet keine (oder nur eine sehr geringe) Schwärzung des

[1]) Dingler, polyt. Journ. 180, 406.

Digitized by Google

anstehenden Gesteins statt, welche z. B. bei Gewinnung von Steinsalz unerwünscht wäre.

Während diese Vortheile der zu Sprengzwecken dienenden Schießwolle, denen ernstliche Nachtheile kaum entgegenstehen, von Tag zu Tag allgemeiner anerkannt werden, ist das Urtheil über Anwendbarkeit derselben zu Kriegszwecken verschiedenartig ausgefallen. Die früher mit Recht betonten Nachtheile, wie Unbeständigkeit, brisante und ungleichmäßige Wirkung, sind jedoch nach den neuesten Versuchen und Verbesserungen kaum noch vorhanden, ihre vollständige Beseitigung scheint in Aussicht zu stehen. Wie aus weiter unten [1]) mitgetheilten Versuchen hervorgeht, ist der Transport und die Handhabung von Schießwolle als durchaus gefahrlos zu betrachten.

Die Schießwolle hat auch zu anderen, sehr verschiedenartigen Zwecken Anwendung gefunden. Abel [2]) hat schöne pyrotechnische Effecte dadurch erzielt, daß er Schießwolle mit Lösungen von Salzen tränkte, welche die Flamme färben. Wegen der Abwesenheit von Rauch können die Versuche im Zimmer ausgeführt werden.

Böttger [3]) empfiehlt Schießwolle als ausgezeichnetes Filtrirmaterial für starke Säuren, auch Alkalien und leicht zersetzbare Flüssigkeiten (wie übermangansaures Kali).

Schließlich sei noch ihre Anwendung zum Isoliren bei elektrischen Versuchen (Bowman), zu Zündschnüren (vergl. weiter unten S. 2) und in der Färberei (pyroxylirte Gewebe) erwähnt.

Verpackung, Aufbewahrung, Transport der Schießwolle.

Die fertige, nach Lenk's Verfahren bereitete, Schießbaumwolle wurde bis zur Verarbeitung zu Patronen ꝛc. in mit Papier gefütterten Kisten locker verpackt. Ebenso wird die fertige Munition in leichten Kisten möglichst lose zwischen Sägespänen aufbewahrt.

Seitdem man die Hauptursache der früher beobachteten und oft verhängnißvoll gewordenen freiwilligen Zersetzung der Schießwolle in ihrer unvollkommenen Bereitungsart erkannt hatte, ist man durch Verbesserung dieser dahin gelangt, ein Product von genügender Haltbarkeit darzustellen. Die verschiedenen Vorschläge, die Beständigkeit zu erhöhen, sind weiter oben [4]) angegeben worden. Noch ist eines von Bleekrode [5]) gemachten Vorschlages zu gedenken, welcher vielleicht nicht praktisch zu verwerthen, immerhin bemerkenswerth ist. Derselbe hatte beobachtet, als er Schießwolle mit Schwefelkohlenstoff (oder Benzol, Alkohol, Aether) befeuchtet hatte, um die Entzündung jener durch den elektrischen Funken zu erleichtern, daß nur die angewendete Flüssigkeit Feuer fing. Die Schießwolle bot inmitten derselben den Anblick einer schmelzenden Schneemasse dar. Bleekrode, auf dies

---

[1]) S. S. 41. — [2]) Chem. News. **14**, 18. — [3]) Jahresber. 1860, S. 467. — [4]) Vergl. S. 29. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **200**, 338.

Digitized by Google

eigenthümliche Verhalten sich stützend, empfiehlt, Schießwolle mit einer der genannten Flüssigkeiten zu bedecken und diese vor dem Gebrauche abzudunsten.

Während man früher ganz besondere Vorsichtsmaßregeln für den Transport anwenden zu müssen glaubte, haben neuere Versuche von Wilson und Prentice [1]) dargethan, daß die für den Transport von Schießpulver geltenden Bestimmungen völlig ausreichend sind. Schießwollladungen wurden beim Ueberfahren mit Kohlenwaggons nur theilweise, mit Locomotiven regelmäßig entzündet; aber nur der getroffene Theil detonirte, während der nicht berührte verglimmte. Ebenso zeigten Wilson und Prentice, daß Schießwolle auch in größeren Mengen, wenn nicht in einem engen Raume eingeschlossen, angezündet, nicht explodirt. Eine, aus leichten Brettern zusammengesetzte Kiste mit 125 Ladungen comprimirter Schießwolle, welche 250 Kg Pulver entsprachen, verbrannte angezündet ohne Explosion in einer halben Minute ab, wie ein Haufen losen Strohs.

So hat denn auch neuerdings eine englische Regierungscommission in einem Gutachten [2]) sich dahin geäußert, daß die comprimirte Schießwolle ein sicheres, transportfähiges und bequem anzuwendendes Explosivmittel sei, und daß die Haltbarkeit desselben nichts zu wünschen übrig lasse, da neun Jahre alte Proben völlig unverändert gefunden seien.

Werden auch die Schießwollproben in den Fabriken selbst, namentlich auf ihren ballistischen Werth, untersucht, so ist doch eine einfache Prüfung des im Handel vorkommenden Productes wünschenswerth. Dieselbe wird sich meistens auf die Erkennung einer Verfälschung mit gewöhnlicher Baumwolle beziehen. Die Probe Kindt's [3]) läßt sich am besten unter dem Mikroskop ausführen.

Auch die Eigenschaft der Baumwolle, im polarisirten Licht sehr hell und farbig zu erscheinen, während Schießwolle wenig Licht reflectirt, kann dazu dienen, sehr kleine Mengen Baumwolle aufzufinden.

Gegenwärtig werden größere Quantitäten Schießwolle nur in England und zwar in Stowmarket von der Patent Safety Guncotton factory producirt. Dieselbe versandte im Jahre 1871 wöchentlich 8000 bis 10000 Kg comprimirter Schießwolle; der Preis von 1 Kg betrug damals $1^1/_3$ Thaler (im Jahre 1848 in Frankreich $1^5/_6$ Thaler). Der noch sehr hohe Preis wird ohne Zweifel mit wachsender Consumtion sinken; auch ist zu erwarten, daß, falls sich die mit der englischen Schießwolle erzielten günstigen Resultate auf die Dauer bestätigen, eine lebhaftere Concurrenz in gleichem Sinne wirken wird.

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **189**, 78. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **203**, 324. — [3]) S. S. 24.

Digitized by Google

Anhang.

Collodium, seine Bereitung und Anwendung.

Die unter wenig veränderten Bedingungen ebenfalls durch Einwirkung der Salpetersäure auf Baumwolle entstehende Varietät der Schießbaumwolle, die sogenannte Collodiumwolle, hat eine mannigfache Anwendung gefunden. Menard und Flores Domonte[1]) waren die ersten, welche ein in alkoholischem Aether lösliches Product neben einem unlöslichen erhielten. Sie schrieben beiden verschiedene Zusammensetzung zu; dem ersteren gaben sie die Formel: $C_{12} H_{18} N_6 O_{24}$, dem letzteren: $C_{12} H_{16} N_4 O_{18}$. Ihre Angaben waren in jeder Hinsicht unbestimmt.

Béchamp fand nach seiner Analyse, daß der Collodiumwolle die Formel: $C_6 H_8 N_2 O_9 = C_6 H_8 O_3 (NO_3)_2$ zukomme:

	Gefunden	Berechnet
Kohlenstoff	28,22	28,57
Wasserstoff	3,57	3,17
Stickstoff	10,78	11,11
Sauerstoff	57,43	57,15

Schon im Jahre 1847 wurde eine Lösung unter dem Namen Collodium von Amerika aus bekannt, welche in der Chirurgie vortreffliche Dienste leistete.

Ueber ihre Bereitung gaben Souriſſeau und Lepage[2]) folgende Winke: Läßt man Schießbaumwolle in Aether mit Zusatz von wenig Alkohol aufquellen, so erhält man nach öfterem Schütteln eine filtrirbare Lösung, welche beim Eintrocknen eine durchsichtige Membran hinterläßt.

Sehr bald zeigte sich, daß nicht jede Schießwolle zur Collodiumbereitung tauglich sei. Die leicht explodirende ist durch Unlöslichkeit ausgezeichnet; sie kann jedoch nach Mann in lösliche durch nachträgliche Behandlung mit einem geeigneten Säuregemisch übergeführt werden. Ein für Collodium geeignetes Product bildet sich bei abnehmender Concentration des Säuregemisches[3]) und bei Anwendung von Kalisalpeter und Schwefelsäure. Diese Bedingungen sind bei den besten Vorschriften, welche im Folgenden mitgetheilt sind, eingehalten worden.

Dawson[4]) legt besonderen Werth auf die Qualität der Baumwolle, auf deren langfaserige Structur, welche bei der Sorte Sea Island und bei egyptischer am vollkommensten sei. Versuche mit geringeren Sorten fielen ungünstig aus.

Bei Anwendung von Kalisalpeter und Schwefelsäure empfiehlt Mann[5]) auf 1 Thl. Baumwolle:

20 Thle. Kalisalpeter und 31 Thle. Schwefelsäure (specif Gew. 1,83)
oder 34 Thle. Natronsalpeter u. 66 Thle. „ („ „ 1,80).

---

[1]) Liebig, Jahresber. 1, 1136. — [2]) Liebig, Jahresber. 1, 1139. — [3]) Vergl. Hadow's Untersuchung, S. 26. — [4]) Dingler, polyt. Journ. 178, 166. — [5]) Liebig, Jahresber. 6, 548.

Digitized by Google

Die Baumwolle, sowie die Salze, können feucht angewendet werden. Man trägt letztere zerrieben in die Schwefelsäure ein und taucht, nach Abkühlung des Gemisches auf 28 bis 30°, die Baumwolle ein. Die vollständige Umwandlung derselben soll erst nach einigen Tagen erfolgt sein; jedoch wird schon nach zehn Minuten langer Berührung ein brauchbares Product erhalten. Nach dem Herausnehmen wird das Präparat erst mit kaltem, dann mit kochendem Wasser gewaschen, damit alles schwefelsaure Alkali entfernt wird.

Luchs [1]) bereitet in einem irdenen Gefäße ein Gemisch durch Eintragen von 9 Kg gestoßenen englischen Rohsalpeters in 20 Kg gewöhnlicher Schwefelsäure. Nach etwa 10 Minuten bringt er allmählich 1 Kg Baumwolle in faustgroßen Flocken in die breiartige Mischung. Durch eifriges Umrühren wird für gleichmäßige Benetzung und Einwirkung gesorgt. Diese ist vollendet, wenn eine herausgenommene Probe sich nach dem Auswaschen in alkoholischem Aether löst. Das Product wird mit vielem Wasser gewaschen, zwischen Leinen getrocknet und 24 Stunden lang mit Alkohol, welcher dem Präparat die gelbe Farbe entzieht, in Berührung gelassen. Nach dem Auspressen des Alkohols wird dasselbe in 2 Thln. 90procentigen Alkohols unter Zusatz von 15 bis 20 Thln. Aether (specif. Gew. 0,73) gelöst.

Bei Anwendung eines Säuregemisches hatte Hadow folgendes Verhältniß am geeignetsten gefunden: 89 Thle. Salpetersäure (specif. Gew. 1,424) und 104 Thle. Schwefelsäure (specif. Gew. 1,833). Dieselbe Vorschrift wird auch in der deutschen Pharmacopoe gegeben.

Mann wendet auf 1 Thl. Baumwolle 13 Thle. Schwefelsäure (specif. Gew. 1,632) und 12 Thle. Salpetersäure (specif. Gew. 1,512 bis 1,518) an. In dem auf 5° abgekühlten Gemische läßt man die Baumwolle 24 Stunden lang eingetaucht; die Temperatur soll nicht über 8° steigen. Nach vollständigem Auswaschen mit Wasser und Trocknen ist die Collodiumwolle fertig. Derselbe hat auch zweckmäßig gefunden, die Baumwolle 10 Minuten lang in eine Mischung von gleichen Theilen Schwefelsäure (specif. Gew. 1,83) und Salpetersäure (specif. Gew. 1,42) bei 60° einzutauchen und nachher ebenso wie die obige zu behandeln. Dies letztere Verfahren würde sich durch Kürze empfehlen.

Ein zu photographischen Zwecken geeignetes Präparat erhält man nach A. Vogel's [2]) Angabe, wenn man 30 g Kalisalpeter in 30 g englischer Schwefelsäure löst, 2 g Baumwolle in diesem Gemisch 5 Minuten lang tüchtig durcharbeitet, nachher mit reichlichem Wasser und später mit Alkohol auswäscht; zuletzt wird das Präparat getrocknet. Nimmt man zu viel Baumwolle in Arbeit, so ist häufig das Product optisch verändert.

Die Löslichkeit der Collodiumwolle ist je nach ihrer Bereitung verschieden; ein gutes Präparat soll sich in 7 bis 8 Thln. Aether, welchem 1 Thl. Alkohol zugesetzt ist, lösen. Das so gewonnene Collodium muß wegen seiner dickflüssigen Consistenz noch weiter mit weingeistigem Aether verdünnt werden; ist nicht vollständige Lösung eingetreten, so wird dasselbe durch Gaze, Papier oder Baumwolle filtrirt.

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **166**, 63. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **203**, 502.

Digitized by Google

Die Anwendung in der Chirurgie gründet sich darauf, daß das eingetrocknete Collodium an der Haut fest hängt und durch seine starke Zusammenziehung vortrefflich geeignet ist, Wundränder zu vereinigen. Dazu kommt der sehr wichtige Umstand, daß die zurückbleibende Membran durch luft- und wasserdichten Abschluß die wunden Stellen schützt. Um ein möglichst elastisches Collodiumhäutchen zu erhalten, hat Lauras[1]) folgende Zusätze empfohlen: Eine Lösung von 2 Thln. venetianischem Terpentin, 2 Thln. Ricinusöl und 2 Thln. weißem Wachs in 6 Thln. Aether wird mit einem Collodium gemischt, welches durch Auflösen von 8 Thln. Collodiumwolle in 125 Thln. Aether und 8 Thln. Alkohol erhalten wird.

Auch als Einhüllungsmittel für Aetzstoffe ist Collodium benutzt worden; so hat man ein Collodium corrosivum (quecksilberchloridhaltig), ein Coll. cantharidale (mit ätherischer Canthariden tinctur) dargestellt.

Das Collodium hat in der Photographie eine sehr wichtige Anwendung gefunden, indem dasselbe zum Präpariren der zu exponirenden Platten und des photographischen Papiers dient und geradezu unentbehrlich geworden ist.

Auch in vielen anderen Zweigen der Technik hat das Collodium, wenn auch beschränkten, Eingang gefunden. So dient es nach Strohlberger[2]) als treffliches Schutzmittel gegen Anlaufen von Silberwaaren, welche gelinde erwärmt mit Collodium dünn und gleichmäßig bestrichen werden. — In Amerika werden für künstliche Gebisse Collodiumplatten gefertigt. — Mittelst nicht ganz trocknen Collodiums hat Kneffel[3]) Basreliefabdrücke von gedruckter Schrift erhalten, welche namentlich im durchscheinenden Lichte sehr gut sichtbar sind.

Auch zur Anfertigung leichter Ballons ist Collodium sehr zweckmäßig; es genügt, mit demselben das Innere eines Glaskolbens vollständig zu befeuchten; nach dem Verdunsten des Aethers löst sich die zusammenhängende Membran leicht ab. Das Gewicht eines 100 cbcm fassenden Ballons beträgt etwa 0,03 g.

Der Verwendung zu wasserdichten Hüllen für hygroskopische Pulver[4]) ist schon gedacht worden. Auch Pillen hat man mit einem Collodiumhäutchen überzogen, um sie geschmacklos zu machen.

Zweites Capitel.

Andere Pyroxylinsubstanzen.

Während in der Baumwolle fast reine Holzfaser, welche nur von fettigen Bestandtheilen gereinigt werden mußte, dargeboten war, hat man auch versucht,

---

[1]) Handwörterbuch der Chemie, Band 2, 3. Abtheilung, redigirt von v. Fehling. Artikel: Collodium. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 73. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **202**, 563. — [4]) S. S. 5.

Digitized by Google

weniger reine Celluloſe durch Einwirkung von Salpeterſäure in einen exploſiven Körper umzuwandeln.

Pyropapier.

Am nächſten lag der Gedanke, eine brauchbare Pyroxylinſubſtanz aus Papier zu erhalten. Das ſogenannte Pflanzenpapier iſt in der That zu dieſem Zwecke verarbeitet worden. Man hat daſſelbe durch zwei Minuten langes Eintauchen in ein Gemiſch von Salpeter- und Schwefelſäure in das ſogenannte Pyropapier übergeführt, welches nach Auswaſchen mit Waſſer, dem zuletzt Ammoniak zugeſetzt wird, und nachträglich mit reinem Waſſer, getrocknet wird. Das Pyropapier hat in Zündnadelgewehren Anwendung zu Zündſpiegeln gefunden.

Schultze'ſches Pulver[1]).

Das vor einigen Jahren von dem Artilleriehauptmann E. Schultze (zu Potsdam) in den Handel gebrachte weiße Schieß- und Sprengpulver hat zur Grundlage nitrificirte Holzſubſtanz. Bei der Bereitung deſſelben iſt zunächſt möglichſte Reinigung des Holzes, namentlich von Saftbeſtandtheilen, vorzunehmen. Hartes Holz wird in dünne Blätter und dieſe mittelſt eines Durchſchlags in regelmäßige Körner zerſchnitten, welche mehrmals mit verdünnter Sodalöſung gekocht, ausgewaſchen, dann mit Dampf behandelt, wiederum mit Waſſer gewaſchen und endlich getrocknet werden. Darauf werden dieſelben mit Chlorkalk gebleicht, ausgewaſchen und ſchließlich nach dem Trocknen in das Säuregemiſch eingetragen. Sechs Gew.-Thle. der präparirten Holzkörner werden in 100 Thln. einer Miſchung von 28,5 Salpeterſäure (ſpecif. Gew. 1,48 bis 1,5) und 71,5 Schwefelſäure (ſpecif. Gew. 1,84) 2 bis 3 Stunden lang gut umgerührt, während man durch Abkühlung Sorge trägt, daß das Gemiſch ſich nicht erwärmt. Nach der Einwirkung wird der größte Theil der Säure mittelſt einer Centrifuge entfernt, das Product gewaſchen und mit verdünnter Sodalöſung gekocht, wieder gewaſchen und dann getrocknet. Zur Erhöhung ſeiner Wirkſamkeit wird das ſo gewonnene Pyroxylin mit einer Löſung von Kaliſalpeter, der auch Barytſalpeter oder Blutlaugenſalz zugeſetzt werden können, imprägnirt und ſodann bei 32 bis 44° getrocknet. Auf 100 Thle. Pyroxylin nimmt man 26 Thle. Kaliſalpeter (oder 22½ Thle. deſſelben und 7½ Thle. Barytſalpeter) und 220 Thle. Waſſer.

Der größeren Sicherheit wegen empfiehlt Schultze, das Pulver feucht aufzubewahren und vor dem Gebrauche zu trocknen. Die Vorzüge deſſelben dem Schießpulver gegenüber beſtehen nach ſeinen Angaben in der zwei- bis dreifach ſtärkeren Wirkung; ſodann bildet daſſelbe keinen Rauch und hinterläßt kaum einen Rückſtand. Die Gaſe ſollen die Athmungsorgane weniger angreifen.

In der Praxis haben ſich dieſe Vortheile nicht immer gezeigt. Schießverſuche, welche mit dem neuen Pulver in der Schweiz angeſtellt wurden, ergaben ein

[1]) Jahresber. 1864, S. 251 ff.

Digitized by Google

ungünstiges Resultat. 49,5 g des weißen Pulvers trieben zwar die Kugel des Probirmörsers eben so weit, wie 92 g Normalschießpulver, jedoch waren die Wurfdifferenzen bei jenem bedeutend. Da das Volumen des ersteren das des Schießpulvers um das 2,5- bis 3,5fache übertrifft, so hat man zur Erreichung gleicher Effecte ein größeres Volumen von jenem nöthig. Die Versuche, das neue Pulver in Stutzen anzuwenden, fielen höchst ungünstig aus. Zwar wurde stets nur geringer Rückstand und wenig Rauch beobachtet; jener ließ sich jedoch nur schwer entfernen. Wurden ungefettete Geschosse angewendet, so traten bald Lade-hemmungen ein.

Die im Saarbrück'schen und Mansfeldischen [1]) mit dem Schultze'schen Pulver versuchten Sprengungen lieferten ein günstigeres Resultat, wenn auch kaum Vortheile dem Schießpulver gegenüber sich geltend machten. Hervorgehoben wird die Annehmlichkeit, daß in Folge des geringen Dampfes der Betrieb in Gruben nur kurze Störungen erleide. Die Kosten sollen sich etwa gleich stellen mit denen des Schießpulverbetriebes. Bei dem hohen Preise des weißen Pulvers (34 Thaler pr. 50 Kg 1865) und dem großen Volumen ist eine vollständige Ausgleichung dieser ungünstigen Factoren kaum denkbar.

Das in Holzschleifereien gewonnene Holzzeug, welche aus fein zerfasertem Holze bestehend zu Papier gewöhnlich verarbeitet wird, ist von Darapsky [2]) nitrificirt und als gelbes Schießpulver empfohlen worden.

Lannoy's [3]) weißes Pulver.

Pyroxylinsubstanz ist auch in dem von Lannoy (in Brüssel) eingeführten weißen Pulver (häufig Lithofracteur genannt) enthalten. Dasselbe ist ein Gemenge von 13 Thln. Schwefel, 65 Thln. Natronsalpeter und 22 Thln. Holz, Sägemehl oder Kleie, welche nitrificirt worden sind. Das Pulver ist schwer entzündlich, brennt langsam ab und soll nur als Sprengmittel dienen. Außer der Gefahrlosigkeit in der Handhabung wird als Vorzug hervorgehoben, daß das gesprengte Gestein gut losgelöst und die Stücke nicht weit fortgeschleudert wurden (Versuche bei Aachen). Der starke und stinkende Qualm, welcher bei der Verbrennung entsteht, sowie der hohe Preis (20 Thaler pr. 50 Kg 1860) sind Nachtheile, welche einer Verbreitung des Pulvers im Wege standen.

v. Uchatius' Pulver [4]) (Nitrostärke, Xyloidin, Pyroxam).

Mit der Cellulose gleich zusammengesetzt ist die Stärke $C_6H_{10}O_5$; dieselbe theilt mit jener die Eigenschaft durch concentrirte Salpetersäure in eine explosive Substanz überzugehen, wie schon Braconnot und Pelouze [5]) gezeigt hatten.

---

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1864, S. 236 und 348. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **175**, 453 ff. — [3]) Jahresber. 1860, S. 207. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **161**, 146. — [5]) Vergl. S. 16.

Digitized by Google

v. Uchatius brachte zuerst Schwefelsäure neben Salpetersäure zur Anwendung. Da jedoch die Stärke in einem Gemisch beider Säuren sich stark zusammenballt und so die Einwirkung erschwert, löste Uchatius 1 Gew.-Thl. Kartoffelstärke in 8 Thln. rauchender Salpetersäure unter Abkühlung. Die dickflüssige Lösung wird in dünnem Strahl in 16 Thln. concentrirter Schwefelsäure unter tüchtigem Umrühren gegossen. Der entstandene Brei bleibt zwölf Stunden stehen; die Masse wird dann mit einem Ueberschuß von Wasser ausgewaschen, dem später Soda zugesetzt wird. Nach wiederholtem Waschen wird das weiße Pulver bei 50° bis 60° getrocknet.

Dasselbe ist sehr hygroskopisch, in Wasser und Alkohol unlöslich, dagegen in Aether löslich. Es scheint zu freiwilliger Zersetzung [1]) sehr geneigt zu sein. Trocken ist das Pulver sehr explosiv; sein Entzündungspunkt liegt bei 175°. 1 Thl. wirkt nach Uchatius [2]) wie 3,5 Thle. Schießpulver. In Schießwaffen äußert dasselbe stark brisante Wirkungen. Uchatius beobachtete, daß äquivalente Schießpulverladungen nur die halbe Gasspannung erzeugten. Da die nachtheiligen Eigenschaften dieses Präparats durch vortheilhafte nicht aufgewogen werden, hat dasselbe nur eine ephemere Bedeutung gehabt.

UNIVERSITY Library. Of California.

Drittes Capitel.

Explosivkörper, welche sich von Zuckerarten ableiten.

Die Zuckerarten stehen in ihrer chemischen Zusammensetzung der Cellulose sehr nahe, während in ihren physikalischen Eigenschaften beide Classen weit von einander verschieden sind. Die Salpetersäure wirkt ebenfalls auf Zucker ein; das Product ist nicht minder durch Explosivität ausgezeichnet, wie die Pyroxylinsubstanzen. Die praktische Bedeutung der hier kurz zu besprechenden Körper ist jedoch eine sehr untergeordnete.

Knallzucker (Nitrorohrzucker, Nitrosacharose).

Die Einwirkung der mit Schwefelsäure gemischten Salpetersäure auf Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$ ist schon von Schönbein [3]) studirt worden. Er wendete ein Gemisch von 2 Thln. englischer Schwefelsäure und 1 Thl. starker Salpetersäure an, welches bei 12° mit Rohrzucker in Berührung gebracht, diesen in eine klebrige Masse verwandelt, welche nach dem Waschen mit Wasser und dem nachherigen Trocknen in eine feste brüchige Masse übergeht. Bei gelinder Erwärmung wird dieselbe weich und knetbar, bei stärkerer explodirt sie heftig, ohne Rückstand zu hinterlassen.

[1]) Liebig, Jahresber. **6**, 550. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **164**, 123. — [3]) Liebig, Jahresber. **1**, 1146.

Digitized by Google

Da das Product, der sogenannte Nitrorohrzucker (jedenfalls ein Salpetersäureäther), sich in Alkohol (auch Aether) löst, hat man vorgeschlagen, mit einer solchen Lösung das gewöhnliche Schießpulver zu überkleiden, welches so einen wasserdichten Firniß erhält und an Explosivität zunimmt. L. Thompson[1]) empfahl den Knallzucker zu Feuerwerkssätzen.

Nitromilchzucker.

Der Milchzucker, welcher dieselbe Zusammensetzung, wie Rohrzucker besitzt, geht durch die Einwirkung des obigen Säuregemisches in einen ebenfalls stark explosiven Körper über, welcher aus Lösungen von Alkohol oder Aether krystallisirt. Ueber die nähere Zusammensetzung dieser beiden Knallpräparate ist nichts Sicheres bekannt.

Nitromannit (Knallmannit).

Eine andere Zuckerart, der Mannit, welcher im Pflanzenreich sehr verbreitet ist (am reichlichsten im Safte der Mannaesche), erleidet durch Salpeterschwefelsäure eine analoge Umwandlung, wie die anderen Zuckerarten, von denen er sich durch eine einfachere Zusammensetzung unterscheidet. Stenhouse[2]) löst den Mannazucker in 4 Thln. Salpetersäure, ohne zu erwärmen, und setzt englische Schwefelsäure zu, bis keine Ausscheidung mehr erfolgt. Strecker[3]) nimmt auf 1 Thl. Mannit $4^1/_2$ Thle. Salpetersäure und $10^1/_2$ Thle. Schwefelsäure; beide Säuren werden abwechselnd in kleinen Portionen zugesetzt. Reinsch[4]) setzt den Mannit zu der aus $1^1/_2$ Thln. Schwefelsäure und 1 Thl. rauchender Salpetersäure bestehenden Mischung unter starkem Umrühren. In allen Fällen wird das ausgeschiedene Product gut ausgewaschen und bei 40^0 getrocknet.

Der so gewonnene Knallmannit ist in heißem Alkohol resp. Aether löslich und kann in schneeweißen nadelförmigen Krystallen erhalten werden. Seiner Entstehung nach ist auch dieser Körper als ein Salpetersäureäther aufzufassen. Der Mannit wird als sechsatomiger Alkohol betrachtet; als solchem kommt ihm die Formel $C_6 H_8 (OH)_6$ zu. Nach allen Reactionen seines explosiven Umwandlungsproductes ist anzunehmen, daß in diesem die sechs Hydroxyle (OH) durch gleich viele Salpetersäurereste vertreten sind, so daß dem Knallmannit die Formel $C_6 H_8 (NO_3)_6$ entspricht.

Dies Präparat ist durch seine stark explosiven Eigenschaften ausgezeichnet. Durch mäßigen Schlag verpufft es, wie Knallquecksilber, ohne so empfindlich für Reibung und Erwärmung zu sein, wie dieses. Daher hat man den Knallmannit zur gefahrloseren Füllung von Zündhütchen vorgeschlagen. Daß derselbe, wie es scheint, nicht Eingang gefunden hat, mag seinen Grund darin haben, daß er sich beim Aufbewahren leicht zersetzt.

---

[1]) Liebig, Jahresber. 1, 1146. — [2]) Liebig, Jahresber. 2, 460. — [3]) Ibidem, S. 467. — [4]) Ibid. 469.

Digitized by Google

Viertes Capitel.

Pulversorten mit Pikrinsäure und deren Salzen

(mit einem Anhang: Diazoverbindungen).

Die aus dem Phenol (Carbolsäure), $C_6H_5(OH)$, direct abzuleitende Pikrinsäure, $C_6H_2(NO_2)_3(OH)$, und namentlich einige ihrer Salze haben im Gebiete der Knallpräparate eine gewisse Bedeutung erlangt. Die Pikrinsäure wird am besten durch gelindes Erwärmen von Phenol mit concentrirter Salpetersäure gewonnen, kann jedoch durch dasselbe Agens aus complicirteren organischen Körpern wie Seide, Salicin, Indigo, Harzen ꝛc. erhalten werden. Aus heißem Wasser krystallisirt dieselbe in hellgelben Blättchen. Durch vorsichtiges Erhitzen sublimiren diese unverändert, durch schnelles erfolgt Explosion. Die Pikrinsäure ist eine wahre Nitroverbindung, wie auch die obige Formel zeigt.

Das Kalisalz der Pikrinsäure, $C_6H_2(NO_2)_3OK$, in heißem Wasser leicht löslich, aus demselben in goldgelben Nadeln krystallisirend, ist durch seine Explosivität ausgezeichnet. Bei vorsichtigem Erhitzen auf 310° detonirt es heftig, ebenso durch einen starken Hammerschlag. Das Ammoniaksalz scheint nicht durch Stoß oder Schlag entzündlich zu sein, obwohl es auch bei 310° detonirt.

Die Pikrinsäure und ihre beiden Salze sind zu Schieß- und Sprengpulvern angewendet worden. Borlinetto[1]) hat ein Gemenge von 10 Thln. Pikrinsäure, 10 Thln. Natronsalpeter und 8,5 Thln. chromsaurem Kali als Sprengpulver empfohlen, welches durch Reibung und Stoß nicht zur Explosion zu bringen ist. Näheres über Bereitung dieses Pulvers und über Erfahrungen mit demselben ist nicht bekannt geworden.

Das pikrinsaure Kali ist ohne Zusätze als Bombenfüllung in Nordamerika und England angewendet worden bei Versuchen[2]), Panzerplatten durchzuschlagen.

Die Grundlage des von Designolle[3]) angegebenen Pulvers ist pikrinsaures Kali. Die von Castellaz gefundene Darstellungsmethode liefert dasselbe so billig, daß die Pulversorten ihrem Werthe nach durchschnittlich ebenso theuer wie Schießpulver zu stehen kommen.

Nach Designolle werden zu le Bouchet vier verschiedene Gattungen feines Pulvers fabricirt, eine Sorte für Kleingewehr, zwei für Geschütze, und eine für Sprenggeschosse resp. Torpedos. Die Pulver zu Sprengzwecken enthalten neben Kalisalpeter nur pikrinsaures Kali bis zu 90 Proc., die für Schießzwecke außerdem Kohle. In dem Geschützpulver variirt die Menge des Pikrats zwischen 8 und 15 Proc., im Gewehrpulver steigt dieselbe nicht über 20 Proc.

Die Fabrikation geht in folgender Weise vor sich: Die Gemengtheile werden mit 6 bis 14 Proc. Wasser in Stampfmühlen 3 bis 6 Stunden lang zer-

[1]) Jahresber. 1867, S. 244. — [2]) Jahresber. 1868, S. 301. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 67 ff.

Digitized by Google

kleinert und gemischt, der Satz sodann mit einer hydraulischen Presse verdichtet, gekörnt, durch Siebe sortirt, endlich polirt und getrocknet. Die Verdichtung wird mit verschiedenem Druck bewirkt je nach dem zu erzielenden Effect und der gewünschten Verbrennungsgeschwindigkeit.

Designolle zählt die regelmäßigen, genau zu berechnenden Wirkungen seiner Pulversorten zu den Hauptvortheilen. Die Anfangsgeschwindigkeiten von Projectilen differirten nur um 1 bis 2 m. Sodann ist hervorzuheben, daß der geringe Rauch unschädlich ist, die Verbrennungsproducte nicht nachtheilig auf Metalle wirken, da Schwefel fehlt. Den Vorgang bei der Verpuffung im geschlossenen Raume denkt sich Designolle unter dem Bilde folgender nicht sehr wahrscheinlichen Gleichung:

$$2\,[C_6\,H_2\,(NO_2)_3\,OK] = 6\,N + 5\,CO_2 + K_2\,CO_3 + C_6 + H_2O + H_2.$$

Berthelot[1]) bildet eine Gleichung, welche der Wirklichkeit wohl mehr entspricht:

$$2\,[C_6\,H_2\,(NO_2)_3\,OK] = 6\,N + 9\,CO + 2\,C + K_2\,CO_3 + 2\,H_2O.$$

Die Wirkung des Designoll'schen Pulvers ist größer als die des Schießpulvers (nach Jouglet sind 60 g desselben 350 g Schießpulver äquivalent) und kann je nach der Menge des Pikrats innerhalb weiter Grenzen variiren. Trotz des höheren ballistischen Werthes soll das Geschützpulver weniger den Rohren zumuthen, also weniger brisant sein, als Schießpulver. Die Sprengpulver Designolle's wurden in der französischen Marine zur Ladung von Torpedos und Hohlgeschossen eingeführt.

Brugère[2]) hat bald nach Designolle das pikrinsaure Ammoniak zur Basis eines Pulvers gewählt, welches aus 54 Thln. dieses Salzes und 46 Thln. Kalisalpeter besteht. Das Pulver brennt, auf 310° erhitzt, nur mit der halben Geschwindigkeit des Schießpulvers ab; trotzdem soll es zwei- bis dreimal so kräftig als dieses wirken. Als weitere Vorzüge werden von Brugère folgende Punkte hervorgehoben: Geringe Hygroskopicität, unbedeutender, nur aus kohlensaurem Kali bestehender, also den Metallen nicht schädlicher Rückstand, wenig Rauch, welcher geruchlos ist.

Die kräftigere Wirkung des neuen Pulvers wurde durch Versuche bestätigt: In einem Chassepotgewehr leisteten 2,6 g Ladung dasselbe, wie die vorschriftsmäßigen 5,5 g Schießpulver. Nach der theoretischen Auffassung des Zersetzungsvorganges (nach Brugère: $C_6\,H_2\,(NO_2)_3\,(ONH_4) + 2\,KNO_3 = 5\,CO_2 + 6\,N + 6\,H + K_2\,CO_3$) müssen 100 g des neuen Pulvers 69,14 g Gase liefern, welche bei 0° und 0,76 m Druck einen Raum von 52,05 l einnehmen; Brugère fand bei einem Versuche 48 l. Die Gasmengen, welche beim Verbrennen von Pulver nach Bunsen und Schiskoff entstehen, verhalten sich zu den von Brugère gefundenen, wie 1 zu 2,5. Der Preis des Pulvers ist recht bedeutend, da er 32 Groschen pr. Kg beträgt.

---

[1]) Force de la poudre etc., pag. 187. — [2]) Compt. rend. **69**, 716 ff. —

Digitized by Google

Abel [1]) hat Versuche mit Pulver aus denselben Gemengtheilen (picric powder) angestellt und hält dasselbe für geeignet als Sprengladung von Bomben ꝛc. zu dienen. Jedoch haben die Pikratpulver in England nicht Fuß fassen können [2]).

Anhang: Einige Diazoverbindungen.

Wie man die Pikrinsäure aus dem Benzol ableiten kann, so auch die wenigen Diazokörper, welche hier zu erwähnen sind. Die chemisch höchst interessanten Verbindungen sind von Grieß entdeckt worden, welcher sie aus Benzolderivaten erhielt. Wegen ihrer außerordentlichen Explosionsfähigkeit sind einige zur Zündhütchenfüllung empfohlen worden. Die gefahrvolle Handhabung hat jedoch ihre Einführung nicht begünstigt.

Knallanilin, salpetersaures Diazobenzol ($C_6 H_5 N_2 . NO_3$) wird aus salpetersaurem Anilin durch Einleiten salpetriger Säure dargestellt; es soll durch Reibung schwieriger, durch Erwärmen leichter explodiren, als Knallsilber.

Ein Verfahren, chromsaures Diazobenzol darzustellen, wurde von Caro und Grieß [3]) für England patentirt, nach welchem 1 Aequivalent salzsaures Anilin, gemischt mit 2 Aequiv. Salzsäure, kalt mit 1 Aequiv. salpetrigsaurem Kalk in concentrirter Lösung versetzt wird. Aus der erhaltenen Lösung wird durch 1 Aequiv. saures chromsaures Kali + 1 Aequiv. Salzsäure die chromsaure Verbindung gefällt.

Fünftes Capitel.

Nitroglycerin (Pyroglycerin) und Nitroglycerinpräparate.

Historisches.

Das Nitroglycerin (der Name, obwohl nicht richtig gewählt, muß, da er in der Technik eingebürgert ist, beibehalten werden) wurde schon im Jahre 1847 von A. Sombrero im Laboratorium von Pelouze entdeckt, blieb aber, obwohl Sombrero auf die explosiven Eigenschaften aufmerksam gemacht hatte, auf technischer Seite völlig unbeachtet. In Amerika gelangte der Körper unter der Bezeichnung Glonoin zu einer sehr beschränkten medicinischen Anwendung.

Erst im Anfange der sechsziger Jahre gelang es dem schwedischen Ingenieur Alfred Nobel eine schnelle und gefahrlose Darstellungsmethode des Nitroglycerins zu entdecken und eine zweckmäßige Art, dasselbe in geschlossenen Räumen

[1]) Jahresber. 1871, S. 312. — [2]) Ueber anderweitige Verwendung pikrinsaurer Salze s. weiter unten. — [3]) Liebig, Jahresber. 20, 915.

Digitized by Google

zur Explosion zu bringen, ausfindig zu machen. Nobel hatte sich von den gewaltigen Wirkungen dieses Körpers überzeugt und empfahl ihn zu Sprengungen in Tagebauten und Gruben. Unter der Bezeichnung „Nobel's Sprengöl" wurde derselbe 1863 in Schweden eingeführt, nachdem Nobel sich seine Fabrikationsmethode hatte patentiren lassen. Seine Fabriken bei Stockholm und Hamburg producirten große Mengen Nitroglycerin, um der gesteigerten, auch in England, Deutschland, Amerika sich regenden Nachfrage Genüge zu leisten.

Durch entsetzliche Unglücksfälle im Laufe der nächsten Jahre (Explosion der Stockholmer Fabrik, Katastrophe von Aspinwall, S. Francisco) trat eine Rückströmung in der günstigen Meinung, welche für das Sprengöl Platz gegriffen hatte, ein. Verbote, dasselbe zu verwenden, wurden in Schweden und Belgien erlassen und erschwerten natürlich seine Verbreitung außerordentlich. Als man jedoch mit Bestimmtheit erkannte, daß unvorsichtige Behandlung des versandten Nitroglycerins nachweislich die meisten Explosionen verschuldet habe, als Nobel durch zahlreiche Versuche überzeugend nachwies, daß bei richtiger Handhabung sein Sprengöl nicht gefahrvoller als Schießpulver sei, da wandte sich die Gunst der Technik wiederum dem Nitroglycerin zu. Im Jahre 1866 gelang es Nobel, dasselbe auf beliebig lange Zeit durch die sogenannte Methylisirung unexplosiv zu machen, und bald darauf brachte er ein noch gefahrloseres Präparat in Gestalt des Dynamits in den Handel.

Nachdem durch Versuche mit diesem Sprengmittel das Ansehen des Nitroglycerins glänzend rehabilitirt worden war, tauchten bald andere Präparate auf, welche mit mehr oder weniger Erfolg in der Sprengtechnik eingeführt wurden; wir nennen Lithofracteur, Dualin, Fulminatin 2c.

Während jetzt in der That dem Nitroglycerin bei Sprengungen eine höchst bedeutsame Rolle zugetheilt ist, hat dasselbe begreiflicherweise wegen der mit der flüssigen Form verbundenen Uebelstände in den Feuerwaffen keine Verwendung finden können.

Fabrikation des Nitroglycerins.

Die für die Darstellung des Sprengöls erforderlichen Materialien: Glycerin und ein Gemisch von Schwefel- und Salpetersäure, sind sehr leicht zu beschaffen. Was die letzteren betrifft, so werden beide Säuren concentrirt angewandt; die Schwefelsäure hat, wie bei der Bereitung der Schießwolle, die Bedeutung, das durch die Einwirkung der Salpetersäure auf Glycerin entstandene Wasser aufzunehmen, also einer Verdünnung der Salpetersäure vorzubeugen. —

Das Glycerin, ein integrirender Bestandtheil der thierischen Fette, wird bei der Stearinfabrikation auf verschiedene Weise gewonnen, am reinsten und zu unserem Zwecke geeignetsten durch das Hochdruckverfahren. Das im Handel vorkommende Glycerin enthält gewöhnlich bei einem specifischen Gewichte von 1,24 bis 1,26 6 bis 2 Proc. Wasser [spec. Gew. des reinen Glycerins = 1,27 (Chevreul), 1,28 (Pelouze)]. Für die Verwendung des Glycerins zur Sprengölfabrikation ist darauf zu sehen, daß dasselbe kalk- und bleifrei ist.

Digitized by Google

Im Allgemeinen sind die für die Schießwollbereitung herrschenden Grundregeln [1]) auch bei der Darstellung des Nitroglycerins gültig, wie aus den im Folgenden beschriebenen Methoden hervorgeht.

Seit der Entdeckung des Nitroglycerins sind sehr zahlreiche Vorschriften zu seiner Darstellung veröffentlicht worden, welche mehr oder weniger genau zu beschreiben sind: Sombrero [2]) selbst operirte im Kleinen so, daß er in ein abgekühltes Gemisch von 2 Thln. Schwefelsäure (specif. Gew. 1,831) und 1 Thl. Salpetersäure (specif. Gew. 1,525) unter Umrühren $^1/_2$ Volumen Glycerin allmählich eingoß und Erwärmung vermied. Nach Abscheidung des entstehenden Oels wurde das Ganze in das 15- bis 20-fache Volumen kalten Wassers geschüttet, das am Boden sich ansammelnde, in Wasser fast unlösliche, Product sorgfältig ausgewaschen und zuletzt im luftverdünnten Raume getrocknet.

Die übrigen Vorschriften weichen nur wenig, nicht principiell von der ursprünglichen Sombrero's ab. Präger und Bertram [3]) lassen auf 1 Gew.-Thl. Glycerin 8 Thle. eines Gemisches wirken, welches ebenso, wie das von Sombrero angewandte, zusammengesetzt ist. Liebe wendet die sechsfache Menge einer gleichen Mischung an und schreibt vor, daß die Temperatur bei der Reaction nicht über 25° steigen soll. De Vrij [4]) wendet nur starke Salpetersäure an und zwar 200 cbcm derselben auf 100 g Glycerin.

Während die eben mitgetheilten Vorschriften nur die Darstellung kleiner Quantitäten Sprengöl betreffen, sind allmählich die für die Praxis zweckmäßigsten Methoden bekannt geworden.

Nobel's [5]) Verfahren lernte man erst nach der Patentirung für Bayern, wenn auch nur in äußeren Umrissen, kennen. Er stellt das Säuregemisch durch Auflösen von 1 Thl. Kalisalpeter in $3^1/_2$ Thln. Schwefelsäure in großen Mengen vorräthig dar. Aus der auf 0° abgekühlten Lösung krystallisirt fast alles Kali als saures schwefelsaures Salz aus. Das gewonnene Gemisch läuft mit der geeigneten Menge Glycerin durch ein Rohr in ein Gefäß, in welchem durch tüchtiges Umrühren die Mischung, ohne daß man nöthig hat besonders für Abkühlung zu sorgen, vollendet wird. Das Product wird nach sorgfältigem Auswaschen getrocknet. Nur bei Anwendung sehr starker Salpetersäure (von dem specif. Gew. 1,52) ist vorsichtigeres Operiren nöthig. Nach Angaben Lieke's [6]) soll Nobel früher ein Gemisch von Schwefelsäure und einer schwächeren Salpetersäure (specif. Gew. 1,3) angewendet haben.

Ausführlicher hat E. Kopp [7]) über ein von ihm mit Erfolg benutztes Verfahren berichtet; er hatte bei demselben hauptsächlich Einfachheit im Auge, damit an Ort und Stelle, wo gesprengt werden sollte, das Präparat selbst dargestellt werden könne, um sofort oder sehr bald verwendet zu werden. Nach den neuesten Angaben bereitet Kopp das Säuregemisch durch Einleiten von Salpetersäuredämpfen in Schwefelsäure (specif. Gew. 1,834), welche sich in Woulf'schen Fla-

---

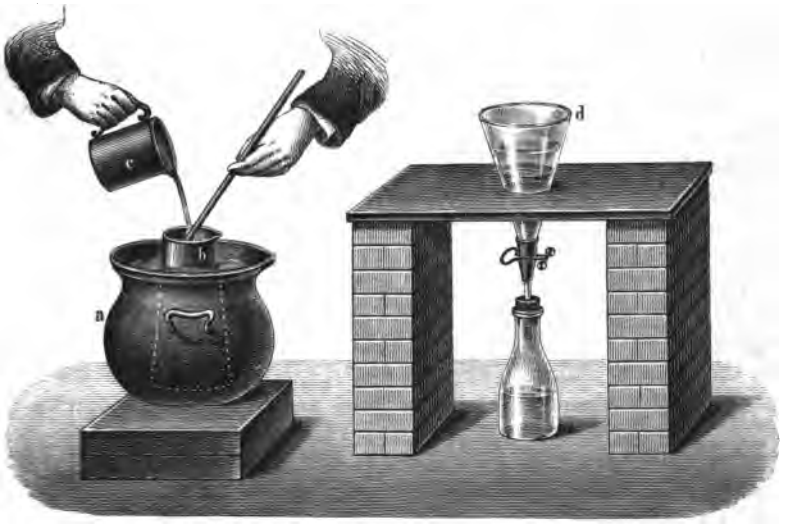
[1]) Vergl. S. 19, 20. — [2]) Ann. Chem. Pharm. **64**, 398. — [3]) Liebig, Jahresbericht **7**, 450. — [4]) Liebig, Jahresber. **8**, 626. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **183**, 221. — [6]) Dingler, polyt. Journ. **179**, 157. — [7]) S. Dingler, polyt. Journ. **182**, 237. — Jahresber. 1868, S. 345. — Wiet's Gew.-Zeitg. 1871, S. 158.

Digitized by Google

schen befindet. Die so erhaltene sogenannte Nitrirsäure kann in guß- oder schmiedeeisernen Gefäßen transportirt werden, ohne dieselben anzugreifen; die zerbrechlichen Glasballons werden also vermieden.

Die zur Darstellung des Nitroglycerins nöthigen Utensilien sind folgende: Fig. 3. Großes Gefäß *a* von Steingut zum Abkühlen und Waschen des Nitroglycerins; gußeisernes Gefäß *b* zum Mischen (außer- und innerhalb mit einer Marke versehen); Maßgefäß *c* aus Weißblech oder Porcellan für Glycerin; Glastrichter *d* mit Kautschukschlauch, Quetschhahn und Abflußrohr. Endlich ein eiserner Stab, mit Marke versehen, zum Umrühren. In dem Gefäße *a* befinden sich 5 bis 6 Liter eiskalten Wassers; von diesem umgeben steht das Gefäß *b*, in dem 2,8 Kg Nitrirsäure allmählich mit 350 g Glycerin, welches aus *c* zufließt, gemischt werden. Nach 5 Minuten langem Rühren mit dem eisernen Stabe wird das Rohproduct in steinernen Gefäßen (*a*) gewaschen, sodann decantirt und zuletzt der Scheidetrichter *d* zur Beseitigung der letzten Wassermengen benutzt.

Fig. 3.



Das Kopp'sche Verfahren zeichnet sich durch Einfachheit und Kürze aus; in einer Stunde können 3 bis 4 Operationen gemacht werden. Die Ausbeute beträgt 500 bis 700 g, also 143 bis 200 Proc. (theoretisch 246 Proc.). Das so gewonnene Nitroglycerin besitzt allerdings nicht den Grad der Reinheit, welcher für eine längere Aufbewahrung unbedingt erforderlich wäre.

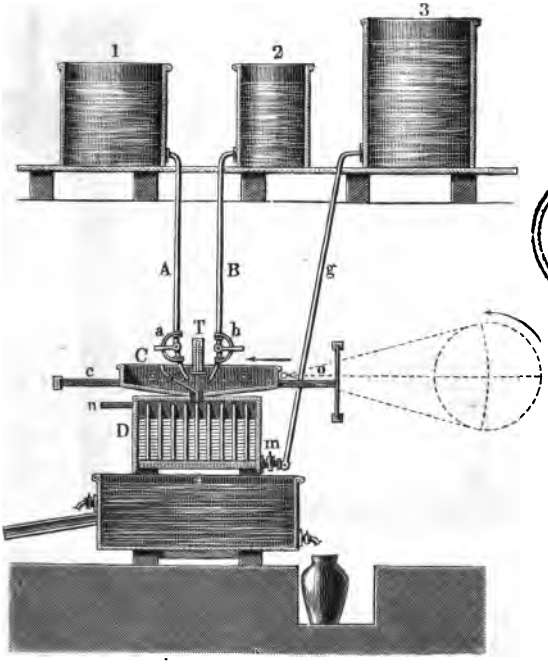
Rudberg[1]) (in Stockholm) hat einen einfach zu handhabenden Apparat zur ununterbrochenen und gefahrlosen Darstellung des Nitroglycerins empfohlen; derselbe ist in Fig. 4 in Vorderansicht, Fig. 5 (a. S. 56) im Längenschnitt dar-

[1]) Dingler, polyt. Journ. 187, 207 ff.

Digitized by Google

gestellt. Das in einer bleiernen Kufe bereitete Säuregemisch wird nach vollständigem Erkalten in das Gefäß *1* abgezapft; daß Gefäß *2* dient zur Aufnahme des abgewogenen Glycerins, *3* wird mit kaltem Wasser gefüllt. Alle diese Behälter sind mit Abflußröhren *A*, *B*, *g*, versehen, an denen Hähne *a*, *b*, *m* angebracht sind. Die Gefäße *1* und *2* communiciren mit einem Kasten *C*, welcher über einem mit Blei ausgefütterten, mit treppenartig vertheilten Fächern versehenen und von einem Holztrog wasserdicht umschlossenen Canale *D* entweder pendelartig aufgehängt ist oder auf Rädern ruht, so daß demselben mit einer Lenkstange und

Fig. 4.



UNIVERSITY
Library.
Of California.

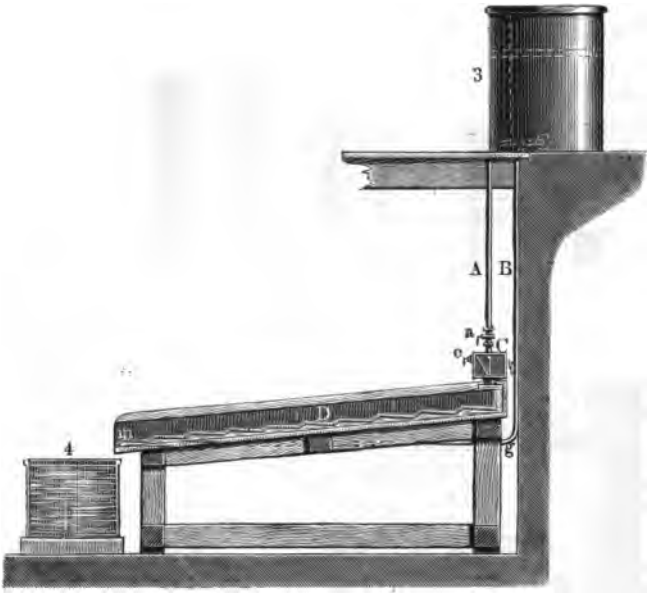
einer Kurbel, wie aus den punktirten Linien in Fig. 4 ersichtlich ist, eine continuirliche, hin- und hergehende Bewegung ertheilt werden kann. In dem Trichterrohre des Kastens *C* ist ein Thermometer angebracht, an welchem die durch die Reaction erzeugte Temperatur abgelesen wird. Das aus dem Behälter *3* ausfließende Wasser erfüllt die Zwischenräume zwischen dem Canal *D* und dem Holztroge und fließt durch das Rohr *n* wieder ab.

Bei der Darstellung von Nitroglycerin läßt man zuerst das Kühlwasser den Canal *D* umspülen, sodann das Säuregemisch in den Trichter des Gefäßes *C* fließen, welches in oscillirende Bewegung gesetzt wird, so daß das Gemisch in die verschiedenen Fächer des Canals *D* abfließen kann. Sobald die Säure aus allen

Digitized by Google

dieſen Gefachen herauszurinnen beginnt, läßt man das Glycerin austreten (durch den Hahn *b*); die Reaction iſt vollendet, nachdem die Flüſſigkeiten den Canal ***D*** paſſirt haben. Man läßt dann das erhaltene Gemiſch in den Behälter *4* abfließen, welcher am beſten mit Waſſer gefüllt iſt; das Nitroglycerin ſetzt ſich zu Boden und wird ſorgfältig ausgewaſchen. Die Temperatur wird ſtets unter 30° erhalten. Ueber die bei dieſem Verfahren erzielte Ausbeute iſt nichts mitgetheilt

Fig. 5.



Eine durch mehrere Modificationen verbeſſerte Fabrikationsmethode hat Mowbray[1]) (auf den Hoosac Tunnel Works in Maſſachuſetts) eingeführt. Das gewonnene Nitroglycerin wird meiſtens an Ort und Stelle der Bereitung verwendet; der durchſchnittliche tägliche Bedarf beträgt 75 Kg (es handelt ſich um Anlage eines Tunnels von 7860 m Länge). In neun langen, hölzernen, etwa 1 m über dem Boden aufgeſtellten Trögen, welche mit Eis und Kochſalz angefüllt ſind, ſtehen Steingutflaſchen (im Ganzen 116) mit Säuregemiſch, welches ebenſo wie das Kopp'ſche[2]) bereitet, aber vor der Anwendung durch einen ſtarken Luftſtrom von Unterſalpeterſäure befreit wird. In daſſelbe läßt man Glycerin (und zwar 1 Kg auf 8,5 Kg Gemiſch) eintröpfeln; die Miſchung wird durch einen Strom kalter, trockner Luft bewerkſtelligt. Der Vortheil dieſer Art, umzurühren, beſteht außer der bewirkten Abkühlung auch darin, daß die ſtets ſich bildenden

[1]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 172 und **206**, 184 ff. — [2]) Vergl. S. 53.

Digitized by Google

niederen Oxydationsstufen des Stickstoffs, wie salpetrige und Untersalpetersäure entfernt werden. Dieser Umstand ist ohne Zweifel von großer Wichtigkeit, wenn man bedenkt, daß höchst wahrscheinlich durch die Gegenwart von Untersalpetersäure ꝛc. die Neigung zur freiwilligen Zersetzung in hohem Grade gesteigert wird.

Die Temperatur wird während der Reaction, welche für jede Portion etwa $1^1/_2$ Stunde dauert, mit dem Thermometer beaufsichtigt; stärkerer Erwärmung wird durch lebhaftes Umrühren und verlangsamtes Eintröpfeln von Glycerin vorgebeugt. Nach der Einwirkung wird der Inhalt von zwei Töpfen in ein Reservoir mit circa 180 l Wasser gegossen und das ausgeschiedene Product nach sorgfältigem Waschen (dreimal mit Wasser, zweimal mit verdünnter Sodalösung) in gläserne oder Steingutgefäße abgezapft.

Die Ausbeute an reinem, farblosem Sprengöl ist sehr bedeutend, wenn sie auch die theoretisch verlangte nicht ganz erreicht. Aus 21 Kg Glycerin erhält Mowbray durchschnittlich 47 Kg Nitroglycerin (theor. 51,7). Das fertige Product wird erstarrt in Weißblechflaschen aufbewahrt, auch in gefrorenem Zustande transportirt. Die Mowbray'sche Methode zeichnet sich durch die große Sorgfalt aus, mit der alle Operationen ausgeführt werden; was die Dauer derselben betrifft, so erfordert das Auswaschen 72 Stunden, die Krystallisation 48 Stunden.

P. Champion[1]) betont bei der von ihm empfohlenen Methode die möglichst schnelle Ausführung der Mischung von Glycerin und Salpeterschwefelsäure. Am geeignetsten fand er folgende Verhältnisse der Materialien: 380 g Glycerin (1,27 specif. Gew.) für ein Gemisch von 1 Kg Salpetersäure (1,52 specif. Gew.) und 2 Kg Schwefelsäure. Die Salpetersäure wird vor dem Gebrauche bei 70° durch einen Luft- oder Kohlensäurestrom von Untersalpetersäure befreit. Das Gefäß, in welchem die Mischung des Glycerins mit dem Säuregemisch vor sich gehen soll, ist um eine horizontale Achse drehbar; über demselben befindet sich der Behälter mit Glycerin, welcher rasch umgedreht werden kann. Die Einwirkung wird durch einen in das Mischungsgefäß geleiteten starken Luftstrom beschleunigt, und nach kurzer Zeit der gesammte Inhalt durch Umdrehen des Behälters in ein darunter befindliches großes Reservoir mit Wasser und einer Rührvorrichtung entleert. Zum vollständigen Entsäuren des Products wird dasselbe zuletzt mit verdünnter Sodalösung gewaschen. Die Ausbeute betrug durchschnittlich 200 Proc.

In der Fabrik von M. v. Forster[2]) in Opladen bei Cöln wird das Nitroglycerin in Steinkübeln bereitet, welche während der Operation durch fließendes Wasser oder eine Mischung von Eis und Kochsalz abgekühlt werden. In jedem derselben befinden sich 1 Kg concentrirte Salpetersäure und 2 Kg Schwefelsäure, zu welchem Gemisch allmählich in Portionen $^1/_2$ Kg kalk- und bleifreies Glycerin unter starkem Umrühren zugefügt wird. Die Temperatur soll 15 bis 20° nicht übersteigen. Ist alles Glycerin zugefügt, so läßt man $^1/_4$ Stunde stehen und gießt dann den Gesammtinhalt portionsweise in Wasser. Dem letzten Waschwasser wird 1 Proc. Magnesia zugesetzt. Das erhaltene Nitroglycerin wird ausschließlich zur Dynamitfabrikation verwendet.

---

[1]) Jahresber. 1871, S. 307 ff. — [2]) Cölnische Zeitg. 1872, Nr. 29.

Digitized by Google

F. Capitaine [1]) hat genauere Mittheilungen gemacht über die Fabrikation von Nitroglycerin, welches zu Dynamit verarbeitet wird; täglich werden gegen 2500 Kg Dynamit bereitet. Das Säuregemisch wird in gußeisernen Kesseln einen Tag vor der Verwendung dargestellt; in einem Kessel mengt man 650 Kg Salpetersäure, welche aus gleichen Theilen Schwefelsäure und Natronsalpeter bereitet ist, mit 1300 Kg englischer Schwefelsäure. Das Gemisch wird in einem hölzernen, mit Bleiplatten ausgefütterten, Bottich von 2 m Höhe und 1,2 m Durchmesser abgelassen; in demselben geht die Einwirkung auf das Glycerin vor sich. Zum Kühlen dienen zwei Bleischlangen, welche von kaltem Wasser durchströmt werden, jede derselben kann nach Belieben ausgeschaltet werden. Auf 1950 Kg Gemisch läßt man 315 Kg Glycerin einwirken. Dasselbe befindet sich in einem Blechgefäß auf dem Dache des Schuppens, in dem der Apparat steht; der Zufluß wird durch einen Hahn regulirt. Beginnt die Einwirkung, so setzen drei Arbeiter die Rührvorrichtung, welche aus zwei mit Blei überzogenen und durchlöcherten Eisenplatten besteht, in auf- und abgehende Bewegung; ein weit aus der Flüssigkeit herausragendes Thermometer wird aufmerksam beobachtet; man läßt die Temperatur am besten nicht über 18° steigen. Je nach der Jahreszeit dauert eine Operation $^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden. Nach Beendigung derselben wird die gesammte Flüssigkeit in einen hölzernen Bottich von circa 2,6 m Höhe und gegen 4 m Durchmesser, welcher mit Wasser zum Theil gefüllt ist, mittelst Bleirinnen geleitet; während des Einfließens wird mit hölzernen Krücken tüchtig umgerührt. Das Sprengöl sammelt sich am Boden des schwach geneigten Bottichs an und wird behufs weiteren Auswaschens in einen kleinen Behälter abgelassen. Nachdem dem Waschwasser Soda zugesetzt ist, wird das Nitroglycerin zur vollständigen Entsäuerung in einem Gefäß mit zweckmäßiger Rührvorrichtung, der sogenannten Buttermaschine, mit Sodalösung in innige Berührung gebracht und nach dieser Behandlung abgezapft. Die verschiedenen Operationen geschehen möglichst getrennt, in verschiedenen leicht gebauten Schuppen, welche durch Erdwälle geschieden sind. Die Ausbeute, welche im Winter am besten ausfällt, beläuft sich auf 475 bis 600 Kg Sprengöl von den angewendeten 315 Kg Glycerin, also 151 bis 190 Proc.

Eigenschaften und Zusammensetzung des Nitroglycerins.

Das von Säuren befreite, getrocknete Nitroglycerin ist eine meist hellgelbe, ölige, geruchlose Flüssigkeit von süßlichem, brennendem Geschmack; ihr specifisches Gewicht ist 1,6. Sie wirkt schon in kleinen Dosen giftig. Schuchardt [2]) hat über die an sich selbst wahrgenommenen Symptome Mittheilung gemacht. Ein Tropfen, welchen er verschluckte, bewirkte Kopfschmerz, Schwindel, Mattigkeit; in höherem Grade zeigten sich die Wirkungen, als er aus Unvorsichtigkeit mehr Nitroglycerin in den Schlund bekommen hatte; Bewußtlosigkeit wechselte ab mit Uebelkeit und Schüttelfrost. Aber auch der Dampf des Nitroglycerins scheint,

[1]) Dingler, polyt. Journ. **206**, 34 ff. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **180**, 406.

Digitized by Google

wenn auch in geringerem Maße, schädlich zu wirken. Jedoch ist in den meisten Fällen, wenn Klagen über schädliche Wirkung des Sprengöls laut wurden, directe Berührung mit der Haut die Ursache der beginnenden Vergiftung gewesen. Man hat deshalb häufig die Arbeiter mit Handschuhen arbeiten lassen. Als Gegengift ist schwarzer Kaffee empfohlen worden, zum Einreiben Aetzkalilauge und wässerige Jodwasserstoffsäure, welche das Nitroglycerin unter Rückbildung von Glycerin zersetzen sollen. Schuchardt ist überzeugt, daß Sprengöl die Haut durchdringe und mit dem Blute Zersetzung erleide (vielleicht unter Stickoxydulbildung). Nach Werber[1]) lassen sich die geringsten Mengen Nitroglycerin durch sein Verhalten zu Anilin und concentrirter Schwefelsäure nachweisen; nach Zusatz beider entsteht eine purpurrothe Färbung, welche durch Wasser in Grün übergeht.

Das Nitroglycerin ist in Alkohol, Aether, Holzgeist, Benzol leicht löslich. Auf seiner fast absoluten Unlöslichkeit in Wasser beruht die leichte Darstellung eines reinen Productes. Wird ein solches auf etwa + 8° abgekühlt, so erstarrt es zu einer festen, krystallinischen Masse und dehnt sich nach den meisten Angaben um etwa $^1/_{16}$ aus; nach Mowbray zieht es sich um $^1/_{24}$ zusammen. Dieser Unterschied soll auf der größeren Reinheit des Mowbray'schen Präparates, namentlich auf Abwesenheit von salpetriger Säure beruhen. Das gefrorene Sprengöl thaut bei circa + 11° wieder auf. In gefrorenem Zustande ist dasselbe ganz ungefährlich[2]), vorausgesetzt daß die nöthigen Vorsichtsmaßregeln nicht außer Acht gelassen werden. In Schweden, wo es meistens krystallisirt transportirt wird, ist kaum ein Unglücksfall vorgekommen. Die Explosionen in Bochum und Hirschfeld[3]) sind durch grenzenlos leichtfertige Behandlung des gefrorenen Sprengöls herbeigeführt worden. Dasselbe darf, wie Nobel vorschreibt, nur in lauwarmem Wasser, keinenfalls in unmittelbarer Nähe eines Ofens aufgethaut werden; eine Bearbeitung desselben mit harten oder spitzen Instrumenten ist unbedingt zu unterlassen.

Die chemische Zusammensetzung des Nitroglycerins ist jetzt mit genügender Sicherheit festgestellt. Ebenso, wie an der Bildung der Schießbaumwolle[4]) aus Cellulose drei Atome Salpetersäure theilgenommen haben, so auch hier. Die Reaction kann durch folgende Gleichung mit empirischen Formeln versinnlicht werden: $C_3H_8O_3 + 3\,HNO_3 = 3\,H_2O + C_3H_5N_3O_9$.

Aus dieser Gleichung kann leicht der Bedarf an Salpetersäure und die mögliche Menge Nitroglycerin berechnet werden: 100 Thle. Glycerin erfordern demnach 205,4 Thle. Salpetersäure, um 246 Thle. Sprengöl zu liefern. Da sich der Umwandlungsproceß nie genau in der angegebenen Weise vollzieht, sondern noch andere Producte entstehen, auch ein Theil des Glycerins unangegriffen bleibt, erreicht die wirkliche Ausbeute niemals die theoretisch geforderte Höhe. Die Analyse des Nitroglycerins bietet wegen der leichten und explosiven Zersetzung große Schwierigkeiten dar (vergl. Analyse der Schießwolle S. 25).

Die chemische Natur des Körpers ist durch die Reactionen, welche derselbe mit verschiedenen Agentien zeigt, festgestellt worden. Wäre er, wie man früher

---

[1]) Liebig, Jahresber. **20**, 878. — [2]) Vergl. Dingler, polyt. Journ. **192**, 172. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **178**, 411 und 469. — [4]) Vergl. S. 25.

Digitized by Google

annahm und wie der noch übliche Name andeutet, eine Nitroverbindung (ein Trinitroglycerin), so würde er durch Reductionsmittel, wie nascirenden Wasserstoff, Schwefelammonium u. a., in eine Amidoverbindung übergehen nach Analogie des Nitrobenzols, der Pikrinsäure u. a. Da aber durch Reduction Glycerin regenerirt wird, ferner durch Einwirkung von Aetzalkalien die entsprechenden salpetersauren Salze und Glycerin entstehen, so muß das Nitroglycerin unzweifelhaft als Aether der Salpetersäure aufgefaßt werden; seine rationelle Formel ist demnach $C_3H_5(ONO_2)_3$ [1]). Die Entstehung aus dem als sogenannten dreiatomigen Alkohol geltenden Glycerin, $C_3H_5(OH)_3$, ist also in der Art erfolgt, daß die drei mit Sauerstoff verbundenen Wasserstoffatome durch die der Salpetersäure angehörende Gruppe NO_2 ersetzt wurden. Der richtige Name für das Sprengöl wäre also Salpetersäureglycerid (neutraler Salpetersäureäther des Glycerins); die Bezeichnung Nitroglycerin ist jedoch vorläufig nicht aus der Technik zu bannen, wird auch hier deshalb beibehalten.

Zersetzungserscheinungen des Nitroglycerins.

Wie bei der Schießbaumwolle, hat man auch beim Sprengöl außer der durch erhöhte Temperatur oder gewaltigen Druck erfolgenden explosiven Zersetzung häufig ein langsames Zerfallen unter Ausgabe von Gasen und Entstehung anderer Producte beobachtet. Diese freiwillige Zersetzung, welche zu traurigen Unfällen Veranlassung gegeben hat, ist, wie man nach den neuesten Untersuchungen [2]) annehmen darf, nur dem unreinen Producte eigen. Ist ein Nitroglycerin zu längerer Aufbewahrung oder zum Transport bestimmt, so ist sorgfältigste Reinigung unbedingt geboten. Die Gegenwart geringer Mengen Salpetersäure oder Untersalpetersäure scheint die langsame spontane Zersetzung vorzugsweise zu begünstigen; durch Oxydation bilden sich Producte, wie Glycerinsäure [3]) und Oxalsäure, welche von Warren de la Rue und Müller [4]) beobachtet wurden; auch Liebe und List [5]) constatirten in älterem Sprengöl die Gegenwart von Oxalsäure. Gleichzeitig färbt sich das in Zersetzung begriffene Nitroglycerin grün unter Bildung von salpetriger Säure, Stickoxydul, Kohlensäure. List meint, daß

---

[1]) Vergl. Liebig, Jahresber. **7**, 451 und Journ. f. prakt. Chem. **105**, 254. — [2]) Vergl. Dingler, polyt. Journ. **179**, 403 und **190**, 124 ff. — [3]) Beckerhinn (Mittheil. über Gegenst. des Artill.- u. Genie-Wesens, Jahrg. 1871, S. 42 ff.) hat die Einwirkung von Ozon, welches mit Sauerstoff gemengt war, auf Nitroglycerin studirt und gefunden, daß Oxydation bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt; er wies Glycerinsäure und Salpetersäure nach. Von der Reinheit des Sprengöls hatte er sich durch die Analyse überzeugt, welche ihm folgende Zahlen geliefert hatte:

	I.	II.	Berechnet für $C_3H_5(NO_3)_3$
Kohlenstoff . .	15,42	15,62	15,85
Wasserstoff . .	2,27	2,40	2,20
Stickstoff . .	—	17,90	18,50

[4]) Liebig, Jahresber. **11**, 433. — [5]) Berggeist 1868, Nr. 10.

Digitized by Google

keine Gefahr vorhanden ist, wenn die gasigen Producte entweichen können; sind sie daran gehindert, so ist der steigende Druck im Innern des Gefäßes wohl im Stande, Explosion herbeizuführen. Nach der Vorschrift des Dortmunder Oberbergamtes [1]) soll grünliches Sprengöl stets vergraben werden. In der von Zeit zu Zeit mit Lackmuspapier anzustellenden Prüfung, ob das Nitroglycerin etwa saure Reaction angenommen habe, ist ein einfaches Mittel gegeben, sich von der Beständigkeit und Güte des Fabrikats zu überzeugen. Diese Eigenschaften bedingen den Werth des Sprengöls; denn ein partiell zersetztes Product ist nicht nur gefährlicher zu handhaben, sondern hat auch einen Theil seiner explosiven Kraft eingebüßt.

Die Zersetzung unter Detonation tritt nach Nobel beim Erwärmen auf 180° fast momentan ein. Wird Nitroglycerin vorsichtig erwärmt, so beginnt bei etwa 100° Zersetzung unter Ausgabe von Untersalpetersäure. Nach E. Kopp kann man dasselbe durch sehr allmähliches Erhitzen verflüchtigen. Champion [2]) hat das Nitroglycerin verschiedenen Temperaturen ausgesetzt und machte folgende Beobachtungen: Bei 185° Siedepunkt (unter Ausgabe gelber Dämpfe), bei 194° langsame Verflüchtigung, bei 200° rasche Verdampfung, bei 217° heftiges Verbrennen, bei 241° Detonation, bei 257° heftige Explosion, bei 287° schwache Detonation. Die Resultate stehen, wie es scheint, im Widerspruche; jedoch auch Kopp hatte, wenn er Nitroglycerin auf eine rothglühende Platte tropfen ließ, nur eine schwache Verpuffung wahrgenommen. Die Erscheinung kann wohl durch die Annahme des sphäroidalen Zustandes erklärt werden.

Nobel betont, daß, wenn Nitroglycerin zur vollen Wirkung durch Temperaturerhöhung gelangen soll, die ganze Masse gleichmäßig auf 180° erwärmt sein müsse [3]). Dieser Umstand ist sehr wichtig für die Praxis; ihm ist zu danken, daß Sprengöl von gewöhnlicher Temperatur angezündet, nur schwierig abbrennt, aber niemals explodirt; bevor dasselbe die zur Explosion erforderliche Temperatur erreicht, ist es verbrannt. Bei etwaigen Feuersbrünsten ist also die Explosionsgefahr dann nicht bedeutend, wenn nicht allzu große Vorräthe von Sprengöl in Brand gerathen.

Während eine reichliche Wärmezufuhr stattfinden muß, um Nitroglycerin zur Explosion zu bringen, genügt ein plötzlicher, starker, durch Schlag oder Stoß bewirkter Druck, um denselben Effect zu erreichen. Werden auf einem Ambos einige Tropfen Sprengöl durch einen kräftigen Hammerschlag getroffen, so detoniren nur die direct getroffenen Theile, die benachbarten werden in der Regel nicht einmal entzündet. Auch das gefrorene Nitroglycerin ist gegen starke Erschütterungen empfindlich; diese sind also in allen Fällen zu vermeiden.

Das Sprengöl explodirt stets mit starkem Knall und übt, wenn im geschlossenen Raume entzündet, erstaunliche Wirkungen aus. Diese beruhen auf der Eigenschaft des Körpers, bei der explosiven Zersetzung ein sehr bedeutendes Gasvolumen zu liefern, welches, plötzlich entstehend, mit unwiderstehlicher Gewalt alle

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. 187, 269. — [2]) Jahresber. 1871, S. 309. — [3]) Aus Abel's Versuchen geht diese Thatsache zur Genüge hervor; eine Reihe starker Inductionsfunken mußte überschlagen, ehe die Explosion erfolgte.

Digitized by Google

Schranken durchbricht. Hätte man ganz bestimmte Anhaltspunkte über den Verlauf einer Explosion, so könnte man mit vollkommener Sicherheit auf die Qualität und Quantität der Gase schließen und, vorausgesetzt, daß die durch die Verbrennung entwickelte Wärmemenge genau gemessen wäre, die Wirkung eines gegebenen Gewichtes Nitroglycerin berechnen. Da jedoch diese Bedingungen zur Erkenntniß des Endresultats einer Explosion nur höchst mangelhaft erfüllt sind, kann auch die Berechnung des Effects nur eine annähernd richtige sein.

Den Vorgang bei der Explosion stellt Berthelot [1]) durch folgende Gleichung dar:

$$2\,C_3\,H_5\,(NO_3)_3 = 6\,CO_2 + 5\,H_2O + 6\,N + O\ ^{2}).$$

Aus dieser Annahme folgt, daß 1 Kg Nitroglycerin 710 l, 1 l desselben jedoch (wegen des hohen specifischen Gewichts) 1135 l Gas producirt (beide Gasmengen auf einen Druck von 0,76 m und 100° Temperatur berechnet). Ersterer Werth übertrifft den für das Schießpulver gefundenen um das $3^1/_2$fache, letzterer den einem Volumen Pulver entsprechenden um das sechsfache. Bringt man die bedeutende Wärmemenge, welche nach Berthelot explodirendes Nitroglycerin entwickelt, in Rechnung, so kommt man mit ihm zu dem Resultat, daß ein Volumen desselben eine zehnmal größere Wirkung, als 1 Volumen Pulver ausübt. Nach Nobel [3]) soll sogar 1 Volumen des ersteren 13 Volumen Pulver entsprechen, 1 Gew.-Thl. jedoch 8 Gew.-Thln. von diesem. Er berechnet, daß das von 1 Volumen seines Sprengöls gelieferte Gasquantum 1298 Volumen betrage, welche durch die Explosionstemperatur auf das achtfache, also 10 384 Volumen ausgedehnt werden, während die Gase aus 1 Volumen Schießpulver unter gleichen Umständen nur 800 Volumen einnehmen.

Diesen durch theoretische Speculation gefundenen Werthen entsprechen die praktischen Resultate nur annähernd, einmal weil die Zersetzung vielleicht anders verläuft, sodann aber, weil bei der enormen Temperatur die von Berthelot angenommenen zusammengesetzten gasigen Körper nicht bestehen können, sondern zum Theil zerfallen müssen. Diese Dissociation, eine gewaltsame Trennung chemischer Verbindungen durch erhöhte Temperatur, entspricht einer Arbeitsleistung; ein dieser äquivalentes Wärmequantum wird also verschwinden, die Verbrennungstemperatur demnach vermindert werden.

Die experimentellen Grundlagen, auf welchen die theoretischen Betrachtungen ruhen, sind bisher sehr schwach. Nur ein einziger, von l'Hôte angestellter Versuch, die Explosionsgase des Nitroglycerins zu bestimmen, ist bekannt geworden, und dieser beweist sehr wenig, da er unter Umständen ausgeführt wurde, welche der Wirklichkeit nicht entsprechen. L'Hôte [4]) brachte in ein sehr dickwandiges Eudiometer über Quecksilber ein mit etwa 6 mg Nitroglycerin gefülltes Glaskügelchen, sodann 10 cbcm Knallgas, welches, durch den elektrischen Funken entzündet, Zertrümmerung der Kugel und Explosion des Sprengöls bewirkte. Das

---

[1]) Force de la poudre etc., pag. 160. — [2]) Das eine disponible Saucrstoffatom kann zur Bildung von Stickoxyd Anlaß geben: Berthelot sieht darin einen Wink, Nitroglycerin mit oxydablen Substanzen zu mengen. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **178**, 349. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **202**, 540.

Digitized by Google

entstandene Gas ist farblos, greift aber allmählich die Quecksilberoberfläche an; die Bildung von salpetersaurem Queckſilberoxydul wurde constatirt. Die Messung des Gases ergab, daß 1 g Nitroglycerin nur 284 cbcm Gas (bei 0° und 0,76 m Druck) geliefert haben würde. Die Analyse stellte folgende procentische Zusammensetzung fest:

Kohlensäure	45,72
Stickoxyd	20,36
Stickstoff	33,92

Da l'Hôte die Menge des bei der Verbrennung entstandenen Wassers nicht bestimmt hat, ist kein sicherer Rückschluß auf die wirklich gelieferte Gasquantität möglich. Da er ferner die Verpuffung unter vermindertem Drucke vornahm, ist analog den bei der Schießwolle [1]) stattfindenden Verhältnissen eine große Menge Stickoxyd entstanden, welches Gas bei Versuchen im Großen entweder gar nicht oder nur spurenweise bemerkt werden konnte.

Anwendung des Nitroglycerins.

Während Versuche, die Leistungsfähigkeit des Nitroglycerins theoretisch und im Laboratorium festzustellen, nur unsichere, weit auseinander gehende Resultate ergeben haben, hat die in dem kurzen Zeitraume 1864 bis jetzt rapid zugenommene Verwendung des Sprengöls und insbesondere seiner Präparate mit greifbaren, überraschend großen Erfolgen gezeigt, daß dieses Sprengmittel in seinen Wirkungen, welche allerdings nach den äußeren Bedingungen bedeutend variiren können, alle anderen zu gleichem Zwecke angewendeten Explosivstoffe, selbst die comprimirte Schießwolle, hinter sich läßt. Ueber letztere liegen freilich noch nicht genügend zahlreiche Sprengversuche vor, so daß nicht endgültig zu entscheiden ist, ob dieselbe mit annähernd gleichen Vortheilen wie die Nitroglycerinpräparate in Gebrauch kommen kann.

Seit 1867 hat man in Europa [2]) die Anwendung von flüssigem Sprengöl wohl ganz verlassen, da es Nobel gelungen war, dasselbe in eine Form zu bringen, welche die Gewähr geringerer Gefahr bei dem Transport und der Handhabung in sich schloß und die Wirkung nicht beeinträchtigte. Die früher allgemeine Methode, das Nitroglycerin ohne Zusätze zum Sprengen zu verwenden, bietet indessen so viel Interesse dar, daß eine Darstellung derselben, namentlich mit Bezug auf ihre Fortentwicklung, am Platze ist. Diese historische Darlegung ist um so wichtiger, als fast alle bei den früheren Sprengungen gemachten Erfahrungen über Anlage und Besetzung der Bohrlöcher, insbesondere über die zweckmäßigste Entzündung der Ladungen größtentheils unverändert auf die Anwendung der Nitroglycerinpräparate übergegangen ist.

---

[1]) Vergl. S. 30. — [2]) In Amerika läßt Mowbray noch jetzt mit seinem, wie es scheint vorzüglich reinen Nitroglycerin (s. S. 56) ohne Zusätze sprengen. Trotz eines Consums von 75 000 Kg ist kaum ein Unfall passirt. Auch beim Transporte zeigte sich, daß dem Product ohne Gefahr sehr starke Stöße zugemuthet werden können.

Digitized by Google

Die Schwierigkeit, totale Entzündung einer größeren, in einem Bo eingeschlossenen Menge Nitroglycerin zu bewirken, überwand Nobel [1]) d daß er Schießpulver mit Nitroglycerin tränkte (auf 100 Thle. des erstere 40 Thle. des letzteren). Dies Gemisch wurde in zinkblechernen Hülsen un bar vor der Benutzung bereitet; es ergab eine drei- bis fünffach höhere S kraft als Pulver allein; um sichere Entzündung zu bewirken, wurde die P im Bohrloche mit Pulver umgeben. Dieser Weg wurde von Nobel ba lassen, da er bei seinen Untersuchungen über den Einfluß verschiedener quellen ein sicheres Mittel, um eine totale Explosion von Nitroglycerin he führen, aufgefunden hatte. Er beobachtete [2]), daß der durch Detonation stark brisanter Knallpräparate erzeugte heftige Stoß dazu am geeignetsten sei, und wandte deshalb zum Entzünden flüssigen Nitroglycerins Patentpulverzünder [3]) oder Patentzündhütchen an. Letztere sind dreifach oder stärker mit Knallsatz geladene Kupferhütchen, *ab* (Fig. 6), in welche eine Bickford'sche Zündschnur *cd* bis auf den Knallsatz eingelassen ist, welche bei *e* durch das zusammengekneifte Hütchen festgehalten wird; die Zünder werden in das Sprengöl eingetaucht. Je nachdem das Bohrloch vertical oder horizontal angelegt war, wurde das Sprengöl ohne Hülle oder in einer Blechpatrone, welche dicht mit dem Zünder zu verbinden war, angewendet. Als Besatz wurde im ersteren Falle Wasser, besser Sand oder Letten, in horizontalen nur letztere benutzt.

Fig. 6.

Die mit Nitroglycerin ausgeführten Sprengungen von Gesteins- und Eisenmassen fielen im Allgemeinen sehr günstig aus; die Wirkungen waren enorm. Bei Stockholm wurden mit 2,5 Kg Sprengöl gegen 8800 Centner Granit ausgesprengt, und außerdem war das anstehende Gestein mit Rissen durchsetzt. Man machte sehr bald die Beobachtung, daß, je compacter das zu sprengende Gestein, je größer also der Widerstand desselben ist, desto bedeutender auch die Wirkung des Nitroglycerins ausfällt.

Die in Steinbrüchen des Oberharzes [4]) (bei Lautenthal, Osterode, Clausthal) angestellten Versuche ergaben, daß trotz des hohen Preises des Sprengöls (damals acht mal höher als Sprengpulver) die Sprengkosten um ein Drittel verringert worden seien. Die Erleichterung der Bohrarbeiten wird als sehr bedeutend bezeichnet, da das Nitroglycerin in wasserreichem Gestein sich ebenso, wie im trocknen anwenden lasse, auch das Besetzen der Bohrlöcher weniger Mühe und Gefahr mit sich bringe. Gleich günstige Urtheile liefen aus anderen Bezirken ein, in denen ebenfalls das Sprengöl über Tag angewendet war. Bei Aachen wurde dasselbe in sehr festem Kalkstein, im Nassauischen in einer sehr dichten, zähen Basaltlava mit bestem Erfolge gebraucht.

Bald fand dasselbe auch Verwendung in Gruben, in welchen es bisher kaum versucht worden war, weil man durch die Explosionsgase, resp. unzersetztes Nitroglycerin, die Gesundheit der Arbeiter gefährdet glaubte, sodann weil die meisten Bohrlöcher horizontal angelegt werden müssen, also ihre Ladung umständlicher

---

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitg. 1864, S. 77. — [2]) S. Dingler, polyt. Journ. **183**, 221. — [3]) Vergl. S. 37, Fig. 1. — [4]) Berg- und Hüttenm. Zeitg. 1865, Nr. 44.

Digitized by Google

war. Trotzdem wurden Versuche [1]) angestellt bei Aachen (in Galmeigruben), in Oberschlesien (Königsgrube), im freibergischen Bergamtsrevier; alle ergaben so bedeutende Vortheile vor dem Schießpulver, daß trotz der im Anfange laut werdenden Klagen der Häuer über Kopfschmerzen, und obwohl hin und wieder unerklärte Explosionen vorkamen, das Sprengöl eingeführt und in wasserreichen Strecken geradezu unentbehrlich wurde. Auf die Wirksamkeit desselben hatte, wie sich bald ergab, nicht nur die Structur des Gesteins, sondern auch die Anlage des Bohrloches Einfluß. Wurde die Sprengladung zu tief eingesetzt, so äußerte sich ihre Wirkung vorzüglich auf die nächste Umgebung, welche in kleine Stücke zermalmt wurde.

In zerklüftetem sowie in weichem Gestein fielen Sprengungen nicht so günstig aus, weil das Nitroglycerin, anstatt in die Ferne zu wirken, in Folge der momentanen Gasentwicklung die in der Nähe des Bohrloches befindlichen Gesteinsmassen zerstückelte, ja zerstäubte (Versuche in westfälischen Steinkohlengruben, in den Staßfurter Steinsalzlagern). — Besonders erfolgreich wurde das Sprengöl in Schieferbrüchen von Nordwales (bei Perhyn) angewendet; außer dem Vortheil, daß die Wirkung eine sehr bedeutende war (600 000 Kg gelöstes Gestein auf 2,5 Kg Ladung), wurde auch eine sehr regelmäßige Absprengung der Schieferplatten nach ihrer natürlichen Lagerung erzielt.

Was die Anlage der Bohrlöcher betrifft, so wurde nach Nobel die Tiefe der bei Pulversprengungen üblichen beibehalten, jedoch ihr Durchmesser erheblich verringert. Am zweckmäßigsten werden dieselben mit schwedischen Bessemerstahlbohrern gearbeitet. Die Nitroglycerinpatrone wird mit hölzernem Ladestock eingeschoben, nachdem vorher die Zündvorrichtung angebracht ist. Rudberg [2]) empfahl die Entzündung von Sprengladungen durch einen von außen kommenden Schlag am zweckmäßigsten dadurch zu bewirken, daß ein Ladepfropfen durch explodirendes Pulver gegen das Nitroglycerin getrieben wird.

Nicht minder gut als die Gesteinssprengungen gelang die Zerstörung großer Eisenmassen; geringe Ladungen von 0,05 Kg genügten, um 120 Centner schwere Stücke zu zerreißen [3]). — Auch die Wirkung von unter Wasser explodirendem Sprengöl war eine eminente; durch eine mittelst Detonationszündung explodirte Blechflasche, welche 1,25 Kg Ladung enthielt, wurde eine Wassersäule von 2 bis 3 m im Durchmesser 100 bis 130 m hoch gehoben (Versuch Nobel's bei Horn).

Nobel hat das Sprengöl auch zu Signal- und Nothschüssen angewendet; Raketen, welche als Versetzung $^1/_2$ Kg Nitroglycerin enthielten, wurden 300 m hoch getrieben und entluden sich dann mit heftigem Knall und heller Lichterscheinung.

Hatte auch das Sprengöl bei seiner Verwendung in Tage- und Grubenbauten sehr wesentliche Vortheile, wie namentlich Zeit- und Kostenersparniß in Folge der durchschnittlich vier- bis fünffachen Sprengkraft, vor dem Schießpulver gezeigt, so hatten sich doch auch Nachtheile geltend gemacht, welche jedoch sämmtlich auf die flüssige Form des Nitroglycerins zurückzuführen waren. Die beson-

---

[1]) Vergl. Jahresber. 1867, S. 319, 321, 322. — [2]) Dingler, polyt. Journ. 187, 204. — [3]) Dingler, polyt. Journ. 180, 74.

Digitized by Google

ders bei der anfänglichen Einführung desselben in Bergwerken laut werdenden Klagen über gesundheitsschädliche Wirkungen verloren sich stets sehr bald bei fortlaufendem Betriebe. Diese Erfahrung findet in der Beobachtung Neimke's eine Erklärung, welcher bemerkte, daß in Harzer Gruben die Arbeiter keine nachtheiligen Wirkungen mehr spüren, seitdem sie vorsichtiger mit dem Sprengöl umgehen, namentlich jede Berührung desselben vermeiden. — Sehr wohl möglich war übrigens — und dieser Vorwurf wurde oft gemacht —, daß in Folge mangelhafter Dichtung des Bohrloches oder der Patrone das Nitroglycerin in die Fugen des Gesteins drang und nur unvollkommen explodirte; in diesem Falle konnten die unzersetzten Theilchen gewiß schädlich wirken.

Ein weiterer Uebelstand des flüssigen Sprengöls hatte sich beim Transporte ergeben. War dasselbe, wenn nicht ganz rein, in dem Zustande der Zersetzung begriffen, so war Gefahr im Verzug, auch wenn nur geringe Erschütterungen erfolgten. Denn bei der nothwendigerweise dichten Verpackung (in Zinnkästen) konnten die gasförmigen Zersetzungsproducte nicht entweichen. Waren andererseits die Hüllen, wie häufig vorkam, undicht geworden, so war die Möglichkeit von Unfällen noch näher gerückt.

Alle diese Nachtheile drängten dahin, die flüssige Form des Nitroglycerins zu verbannen. Nobel [1]) war wiederum der Erste, welcher gegen Ende des Jahres 1866 dasselbe in fester Gestalt als Dynamit in den Handel brachte (der Name soll auf die hervorragend explosiven Eigenschaften hinweisen). Vorher hatte Nobel dem oben erwähnten Uebelstande der unsicheren Aufbewahrung und des gefahrvollen Transports durch Einführung des methylisirten Sprengöls [2]) abhelfen wollen. Er hatte die Beobachtung gemacht, daß in 15 bis 20 Proc. wasserfreiem Methylalkohol (Holzgeist) gelöstes Nitroglycerin weder durch stärksten Schlag noch durch Knallpräparate explodirt. Durch Zusatz von dem sechs- bis achtfachen Volumen Wasser war das Sprengöl leicht wieder zu gewinnen. — Wurtz [3]) hatte den Vorschlag gemacht, dasselbe mit einer specifisch gleich schweren Lösung von salpetersaurem Zink oder Kalk zu einer Emulsion zu verarbeiten und ebenfalls durch Zusatz von Wasser die Abscheidung desselben zu bewirken.

Nitroglycerinpräparate.

Dynamit (giant powder der californischen Bergleute).

Nach Einführung des Dynamits haben die eben erwähnten für kurze Zeit werthvollen Verbesserungen ihre Bedeutung verloren.

Der Dynamit, sowie auch die später bekannt gewordenen Nitroglycerinpräparate, bestehen aus einer porösen Substanz, welche eine gewisse Menge Sprengöl aufgesogen hat und dasselbe so fest bindet, daß es selbst durch starken Druck nicht herausgepreßt wird. Nobel hat eine sehr leichte, mehlartige In-

[1]) Dingler, polyt. Journ. **187**, 358; **189**, 430 und **190**, 124. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **180**, 491. — [3]) Jahresber. 1866, S. 297.

Digitized by Google

fusorienerde [1]) (fast reine Kieselsäure, sogenannte Kieselguhr), welche bei Oberohe (Hannover) in einem ausgedehnten Lager vorkommt, sehr zweckmäßig gefunden. Dieselbe wird, um sie von Wasser und organischer Substanz zu befreien, calcinirt und, nachdem die gröberen Kieselkörner durch ein Sieb entfernt sind, mit Nitroglycerin von Arbeitern mit bloßen Händen geknetet; früher wurden häufig Kautschukhandschuhe benutzt. Nobel's Dynamit enthält 75 bis 77 Thle. Nitroglycerin auf 23 bis 25 Thle. Kieselguhr.

Jedoch werden auch geringere Sorten in den Handel gebracht; die Werthbestimmung ist in allen Fällen sehr einfach auszuführen, da man nur ein gegebenes Gewicht derselben mit absolutem Alkohol, Holzgeist oder besser Aether, welche das Nitroglycerin lösen, zu behandeln braucht. Die Lösungen werden in einer Platinschale im Wasserbade abgedunstet, das zurückbleibende Oel gewogen. Schwarz [2]) fand auf die Weise die Zusammensetzung zweier Dynamitsorten wie folgt:

	I. (starke Sorte)	II. Kohlendynamit (schwach)
Nitroglycerin	67,50	56,90
Kreide u. Sägespähne	30,11	42,13
Feuchtigkeit u. Verlust	2,39	0,97
	100,00	100,00

Nobel's Dynamit ist eine graubraune (zuweilen röthliche), geruchlose, fettige, teigartige Masse; sein specifisches Gewicht beträgt im ungepreßten Zustande etwa 1,6. So lange er noch plastisch ist, läßt er sich ohne Gefahr in Patronen verdichten. Bei Temperaturen unter + 8° wird derselbe hart, da das Nitroglycerin gefriert, und muß mit gleichen Vorsichtsmaßregeln wie dieses aufgethaut werden. Handelt es sich um Aufthauen größerer Dynamitmengen, so bedient man sich besonderer Wärmflaschen, deren Form aus Fig. 7 (a. f. S.) (α Längen-, β Querdurchschnitt) ersichtlich ist. Zwei concentrische, oben offene Blechcylinder AA und BB sind durch mehrere Querspangen b, b, b, b, fest mit einander verbunden. Der Raum J nimmt den Dynamit auf, W wird mit lauwarmem Wasser gefüllt. Das Ganze wird durch einen hohlen, mit Asche gefüllten Deckel D verschlossen.

Da der Dynamit durch eine gewöhnliche Flamme entzündet nur abbrennt, nicht detonirt, bedarf er wie auch das Sprengöl der starken Entzündung mittelst eines Patentzünders. Gegen Stoß und Schlag ist derselbe in hohem Grade unempfindlich; nur die stärksten, auf einen Ambos geführten, Hammerschläge bringen die direct getroffenen Theile zur Explosion. Diese beiden Umstände machen den Dynamit zu einem für Handhabung und Transport ziemlich ungefährlichen Körper.

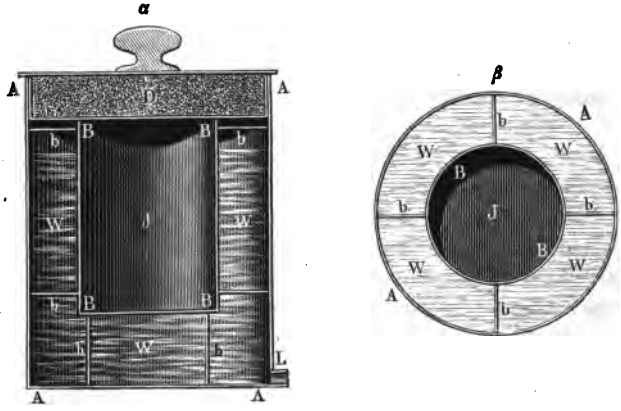
---

[1]) Ueber die mannigfache Verwendung derselben s. Dingler, polyt. Journ. **197**, 380. Ein Zufall führte Nobel zu der wichtigen Entdeckung des Dynamits. Die Kieselerde wurde längere Zeit hindurch zur Verpackung der Sprengöl enthaltenden Blechflaschen benutzt; nach dem Auslaufen einer solchen hatte man die Aufsaugungsfähigkeit der Kieselguhr bemerkt und sich durch Versuche überzeugt, daß die explosiven Wirkungen des Nitroglycerins fast vollkommen erhalten waren, dagegen die Neigung zum Explodiren erheblich vermindert war. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **205**, 429.

Digitized by Google

Zahlreiche Versuche haben die relative Gefahrlosigkeit desselben dargethan. Nobel[1]) zeigte (bei Redhill), daß eine Büchse mit 4 Kg Dynamit aus einer Höhe von 20 m auf Steine geschleudert werden konnte, ohne zu explodiren; eine gleiche Büchse ins Feuer geworfen brannte ruhig ab. Bei Stockholm ließ er auf eine mit Dynamit gefüllte Holzbüchse ein Gewicht von 100 Kg circa 7 m hoch niederfallen; obwohl dieselbe zertrümmert wurde, fand doch keine Explosion statt. Wie beträchtlich der Stoß sein muß, um eine Dynamitladung zur Detonation zu bringen, geht aus Versuchen von Larcher[2]) hervor, welcher ein etwa 1 m tiefes, 2,6 cm breites Bohrloch mit $^3/_8$ Kg Dynamit lud, in diesem eine gewöhnliche Zündschnur anbrachte, welche mit Schießpulver umgeben wurde, und endlich lockern Besatz auffüllte. Dieser wurde bei der Entzündung herausgeschleudert, der Dynamit blieb unverändert. Als unter gleichen Umständen Augendre'sches Pulver

Fig. 7.



statt des schwarzen angewendet wurde, fand nur Entzündung, nicht Explosion der Dynamitladung statt.

Bei Hüttelsdorf[3]) (Oesterreich), sowie in einer sehr sorgfältig in der Schweiz angestellten Versuchsreihe von Bolley, Pestalozzi und Kundt[4]) wurde ebenfalls die relativ geringe Gefahr, welche mit der Handhabung und dem Transporte des Dynamits verbunden ist, constatirt. Die schweizerischen Versuche sollten u. A. ungefähr die Größe des Stoßes bestimmen, welcher zur Entzündung nöthig ist. Zu dem Ende wurden Blechpatronen, in welchen das Sprengmittel fest eingeschlossen war, aus Windbüchsen gegen eine $13^1/_2$ m entfernte senkrechte Felswand abgeschossen. Die dünnwandigen Patronen explodirten, die dickwandigen nicht, wohl wegen ihrer geringeren Anfangsgeschwindigkeit. Diese wurde zu 40 m (in einer Secunde) ermittelt. Lockerer Dynamit wurde nur durch stärksten Schlag von Eisen auf Eisen und von Eisen auf Stein zum Detoniren gebracht.

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **189**, 430. — [2]) Trauzl, l. c. S. 62. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 174. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **193**, 490 ff.

Digitized by Google

Andere Versuche, welche die relative Sicherheit des Sprengstoffes bei Feuersgefahr erwiesen, wurden bei Hüttelsdorf [1]) angestellt. Ein mit 2 Kg Dynamit gefülltes und fest verspundetes Holzfäßchen wurde in ein offenes Feuer gelegt; bald wurde es aus einander gedrückt und sein Inhalt brannte ohne Explosion mit heftig flackernder Flamme ab; ebenso verhielt sich eine geschlossene Blechbüchse. Durch eine Bickford'sche Zündschnur wurde nicht einmal eine Entzündung erreicht. — Nach den Mittheilungen des Ingenieurcomités (1872, Heft 13) können 25 Kg Dynamit ohne Gefahr abgebrannt werden. — Um den Einfluß lang dauernder Wärme auf Dynamit kennen zu lernen, setzte Trauzl (l. c. S. 40) denselben während 40 Tagen einer Temperatur von 60° bis 70° aus, konnte jedoch keine Veränderung constatiren. Aus diesen und anderen Versuchen ist zu folgern, daß, wie auch eine preußische Militärcommission aussprach, Dynamit als das sicherste aller explosiven Präparate gelten kann, und daß sein Transport geringere Vorsicht erheischt, als der von Schießpulver.

Ueber die mit Dynamit erreichten Sprengwirkungen liegen sehr zahlreiche, fast ausschließlich günstige Zeugnisse vor; insbesondere hat derselbe im Bergbau, überhaupt in der Civiltechnik ausgedehnte Verwendung gefunden; er ist aber auch zu militärischen Zwecken, wie Zerstörung von Geschützen, Mauerwerk, Pallisaden, zu submarinen Sprengungen mit Erfolg angewendet worden. Wegen des nach seiner Verbrennung übrig bleibenden starken Rückstandes von Kieselsäure und seiner brisanten Wirkung ist seine Benutzung in Feuerwaffen wenn auch nicht unmöglich, so doch höchst unzuträglich.

Zum Sprengen wird der Dynamit ausschließlich in Patronen von 2,3 bis 5,2 cm Durchmesser und 2,6 bis 21 cm Länge angewendet, welche beim Gebrauche unter Wasser eine dichte Umkleidung haben. Die Patronenhülle besteht aus Pergament- oder Oelpapier; unter Umständen dienen auch Blechbüchsen und Drillichschläuche zur Aufnahme des Sprengmittels. Ruggieri [2]) nimmt als Hülle zwei Schichten getheerten Papiers, zwischen denen sich eine Zinnfolie oder eine Guttaperchaplatte befindet; die fertige Patrone wird noch mit einem Copal- oder Theerfirniß überzogen.

In der Fabrik, deren Verfahren F. Capitaine [3]) geschildert hat, werden drei Sorten Patronen angefertigt: gewöhnliche von 2,6 bis 10,4 cm Länge, 2,6 cm Durchmesser; die beiden anderen Sorten sind Zündpatronen von 2,6 cm Länge und Breite, von denen die eine sich nur durch die Dimensionen von den ersteren unterscheidet, die andere zum Entzünden gefrorenen Dynamits bestimmt ist und deshalb außer Dynamit Gemenge, wie chlorsaures Kali und Schwefelantimon, Kalisalpeter und Colophonium enthält.

Die Maschine zum Formen der Patronen ist höchst einfach: Ein Leinwandbehälter, welcher in einen offenen trichterförmigen Ansatz von Messing mündet, an welchen eine cylindrische Röhre von der Patronenweite angeschraubt werden kann, wird mit 5 Kg Dynamit beschickt. In der Röhre kann sich ein passender Kolben auf- und abbewegen, welcher in seiner höchsten Lage die Mündung des Trichters offen läßt, so daß Dynamit eintreten kann. Beim Niedergang des

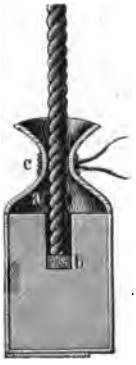
[1]) Trauzl, l. c. S. 61. — [2]) Berliner Ber. 5, 988. — [3]) Vergl. S. 58.

Digitized by Google

Kolbens tritt ein fester Dynamitcylinder aus der Röhre, welche vorher mit unten geschlossenem Pergamentpapier umhüllt worden ist. Hat der Cylinder die gewünschte Länge, so wird die Kolbenbewegung sistirt und jener abgeschnitten. Die Patrone ist fertig, nachdem das obere Ende der Hülle geschlossen ist.

Die gewöhnliche Art, Dynamit zu entzünden, beruht auf Anwendung eines dreifach geladenen Zündhütchen (vergl. Fig. 6, S. 64), welches in eine Zündpatrone (Fig. 8 *D*) so eingesetzt wird, daß ein Theil des Hütchens *ab* noch aus dem Dynamit hervorsieht; der aufgebogene Papierrand der Hülse wird bei *c* fest an die Zündschnur mit Bindfaden angebunden, damit das Hütchen keine Verschiebung erleide. Gilt es, gefrorenen Dynamit sicher zur Explosion zu bringen, so muß entweder der Knallsatz des Hütchens stärker sein (mindestens 2 g) oder man bedient sich besser einer kleinen, nicht gefrorenen Dynamitzündpatrone. Zu gleichem Zwecke hat Trauzl [1]) mit noch größerem Erfolge eine mit Nitroglycerin imprägnirte Schießbaumwolle (im Verhältniß von 3 : 1 oder auch 1 : 1) als stark explosives Gemenge angewendet (eine andere von ihm versuchte Mischung bestand aus Sprengöl und Baumwolle, welche stark mit chlorsaurem Kali imprägnirt war). Auch ist die Anwendung solcher Zündpatronen in mit Wasser gefüllten Bohrlöchern empfehlenswerth, da die Gemenge von Sprengöl und Schießwolle selbst durch längeres Liegen im Wasser nicht leiden.

Fig. 8.



Besondere Vorsicht erheischt beim Sprengen unter Wasser, also auch in wasserführendem Gesteine, das Anbringen des Zünders. Der Knallsatz muß gegen Eindringen des Wassers vollkommen geschützt sein; man umgiebt deshalb die wasserdichte Zündschnur an der Stelle, wo die Kapsel befestigt ist, mit Wachs, Pech oder Talg. Am sichersten ist die Anwendung von dünnen Blechpatronen, in deren Hals die Zündschnur mit Hütchen wasserdicht eingesetzt ist. Auch Kautschukhüllen sind empfohlen worden. Alle diese Vorsichtsmaßregeln sind unbedingt nothwendig, wenn Dynamit längere Zeit mit Wasser in Berührung ist, da das Nitroglycerin mit der Zeit vollständig durch dasselbe verdrängt wird.

Das Laden eines Bohrloches wird in folgender Weise bewerkstelligt: Eine Patrone P_1 (Figur 9) wird bis auf den Boden desselben eingeschoben, fest mit einem Ladestock aufgepreßt, so daß der plastische Dynamit aus der Papierumhüllung austritt und sich an die Wände anlegt; die folgenden Patronen P_2, P_3 werden ebenso behandelt und auf diese Weise der nachtheilige Spielraum, welcher bei Schießwolle nicht zu vermeiden war, beseitigt. Sodann wird die fertige Zündpatrone Z eingelassen; ein Drücken derselben darf nicht stattfinden; soll ein Besatz angewandt werden, so muß derselbe vorsichtig eingebracht werden und locker bleiben. — Der gefrorene Dynamit sollte niemals in Bohrlöchern zur Anwendung kommen, da auch der Vortheil, den Bohrlochsraum ganz auszufüllen, verloren geht.

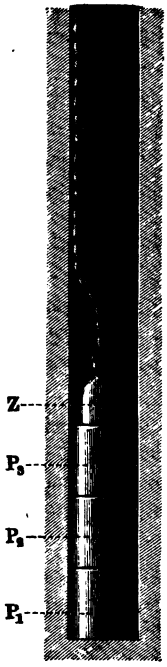
[1]) l. c. S. 83, 86, 129.

Digitized by Google

Im Allgemeinen kann für Sprengungen mit Dynamit als Regel aufgestellt werden: in weichem Gestein oder Kohle Anwendung sehr enger, aber tiefer Bohrlöcher, welche wiederholt mit schwachen Ladungen abgesprengt werden. In hartem Gestein sind dagegen seichte Bohrlöcher mit sehr starken Ladungen ($^1/_3$ bis $^1/_2$ der Tiefe ausfüllend) anzuwenden.

Nobel giebt als Resultat seiner bei Redhill[1]) in festem Gestein vorgenommenen Sprengungen die Wirkung des Dynamits als die zehnfache von der des Schießpulvers an, während sein damaliger Preis nur das Vierfache des letzteren betrug. Weitere Erfahrungen, welche in Westfalen und bei einem Tunnelbau[2]) unweit Stockholm gesammelt wurden, zeigten die Vortheile des Sprengmittels im klarsten Lichte. Bei Vergleich mit Pulver stellte sich heraus, daß der Tunnelbau in einer um etwa die Hälfte kürzeren Zeit und mit etwa um $^1/_4$ geringeren Kosten ausgeführt war. Die günstigen Sprengwirkungen wurden von Nobel zum Theile auf die vollkommene Ausfüllung der Bohrlöcher mit dem zähen Dynamit zurückgeführt. Durch die Möglichkeit, Sprengladungen desselben ohne besondere Vorsichtsmaßregeln in feuchtem Gestein und ohne Besatz anzuwenden, ist die Sprengarbeit wesentlich erleichtert und gefahrloser geworden. Auch hier hat sich, wie bei Anwendung comprimirter Schießwolle, gezeigt, daß mit der Tiefe des Bohrloches die Wirkung nicht zu-, sondern abnimmt. Nach Pischoff[3]) hatte Dynamit in einem 0,75 bis 1 m tiefen Bohrloche die sechsfache Wirkung einer gleich starken Ladung in einem gleich weiten Bohrloche von 2,5 m Tiefe. Bei den oben erwähnten schweizerischen Versuchen[4]) wurden Sprengungen aller Art mit colossalem Erfolge ausgeführt.

Fig. 9.



Die Wirkungen des Dynamits beim Sprengen frei liegender Gesteinsblöcke, sowie von Eisenmassen, waren ebenfalls vortrefflich. Eine eigenthümliche Verwendung fand derselbe beim Erdbohren, indem seine unter gewissen Umständen hauptsächlich auf die Unterlage wirkende Kraft zur Beseitigung von Hindernissen, wie sehr festen Gesteinen, erfolgreich verwerthet wurde. Paulsen[5]) durchbrach mit Dynamit bei Anlage eines artesischen Brunnens ein sehr lästiges Feuersteinlager: nachdem der höhere Theil des Bohrloches sorgfältig gereinigt war, wurde eine Dynamitpatrone mit feuchtem Lehm bedeckt auf dem zu durchsetzenden Gestein nach Nobel's Methode entzündet; das schon verrohrte Bohrloch blieb völlig unversehrt.

---

[1]) Deutsche Ind. Zeitg. 1868, Nr. 33. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **190**, 124. — [3]) Trauzl, l. c. S. 121. — [4]) S. S. 68. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **200**, 77.

Digitized by Google

In gleicher Art und mit bestem Erfolge wird Dynamit beim Rammelsberger Bergbau [1]) zum Sprengen größerer Schwefelkiesblöcke angewendet, welche sonst nur höchst mühsam zu bearbeiten waren. Ebenso wurde derselbe in Frankreich [2]) nach dem Kriege benutzt um große Trümmer, wie gesprengte Brücken ꝛc., wegzuräumen.

Barbe [3]) berichtet, daß die Vortheile dieses Sprengmittels beim Bau eines Tunnels zwischen Montpellier und Rodez in zum Theile wasserreichem Gestein außerordentlich gewesen seien. Beim Sprengen des Biassatunnels [4]) (zwischen Genua und Spezzia) konnten Vergleiche zwischen den mit Schießpulver und mit Dynamit erreichten Wirkungen angestellt werden. Das Gestein am östlichen Ende des Tunnels war fester Kalkstein resp. Dolomit, am westlichen weicher Thonschiefer und feuchter Sandstein. Die Resultate waren folgende:

I. Am östlichen Ende	Mit Schießpulver: in 200 Tagen wurden 203 m Länge gewonnen, Mit Dynamit: in 160 Tagen 300,8 m Länge	bei etwa 7½ qm Querschnitt.
II. Am westlichen Ende	Mit Schießpulver: in 190 Tagen 80,75 m Länge Mit Dynamit: in 170 Tagen 107 m Länge	bei 7 qm Querschnitt.

Die Leistungen des Dynamits betrugen also bei I. 14,1 cbm pr. Tag, bei II. nur 4,4, die des Schießpulvers resp. 7,62 und 2,97. Ueberschreitet auch die Tagesleistung mit Dynamit die mit Pulver erreichte kaum um das Doppelte, so waren doch die Kosten bei I. pr. cbm gelösten Gesteins um 6 fr. geringer (bei der Strecke von 300,8 m wurden also 13 500 fr. erspart).

Aehnliche Erfahrungen wurden in den Galmeigruben von Chrzanow [5]) gemacht. Im Gyps wurde bei Hall [6]) ein Gewinn von etwa 50 Proc. erzielt, während in dem Steinsalzwerke der Vortheil des Dynamit zweifelhaft war.

Bei richtiger Verwendung desselben kann man nach den zahlreichen Erfahrungen [7]) im Stollenbetriebe und Tunnelbau mit Sicherheit annehmen, daß eine Kostenersparniß von 30 bis 40 Proc. erzielt werde, und daß die Arbeiten um die Hälfte rascher fortschreiten. Beim Schachtabteufen waren in den meisten Fällen die Resultate noch günstiger, indem die Arbeitsleistung in der gleichen Zeit das Doppelte von der durch Pulver erreichten betrug. Die Kostenersparniß belief sich durchschnittlich auf 30 Proc. Fast noch prägnanter zeigen sich die Vortheile des Dynamits, wenn es sich um Gesteinsgewinnung über Tag handelt; hier kann man fast immer mit Sicherheit auf eine Kostenersparniß von 40 bis 50 Proc. und einen Zeitgewinn von 100 Proc. rechnen. Als ein besonderer Vorzug in

---

[1]) Jahresber. 1871, S. 311. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **201**, 34. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **202**, 512. — [4]) Ausland 1873, Nr. 13. — [5]) Wiek's Gew.-Ztg. 1871, S. 280. — [6]) Ibidem. — [7]) Weitere Details s. bei Trauzl, l. c. S. 139 ff.

Digitized by Google

diesem Falle wird der Umstand hervorgehoben, daß die gelösten Gesteine fast gar nicht geschleudert werden und in großen Blöcken gewonnen werden können (über das ähnliche Verhalten der comprimirten Schießwolle s. S. 39).

Submarine Sprengungen mit Dynamit, durch welche Schifffahrtshindernisse weggeräumt werden sollten, hat neuerdings Cloffe[1]) angestellt. Das Sprengmittel wurde in Blechbüchsen, in denen eine elektrische Zündpatrone wasserdicht angebracht war, auf das sehr feste, zuvor gereinigte Gestein (0,95 bis 3,8 m unter der Wasserfläche) frei aufgelegt und entzündet. Da die angewendeten großen Sprengladungen nur theilweise zur Wirkung kommen konnten, waren die Kosten sehr bedeutend, aber der Zweck wurde verhältnißmäßig schnell und leicht erreicht, während Pulver unter gleichen Umständen kaum hätte angewendet werden können.

Die Erschütterung, welche eine unter Wasser explodirende Dynamitpatrone erzeugt, ist gewaltig (vergl. S. 65). Die Fische werden auf weite Entfernungen hin betäubt; diesen Umstand benutzend, hat man während der Belagerung von Paris Fischerei im Großen betrieben. Trotz der nothwendigen Vorsichtsmaßregeln, welche bei Dynamitsprengungen unter Wasser resp. in wasserführendem Gestein zu beobachten sind[2]), ist doch die Kosten- und Zeitersparniß dem Pulver gegenüber eine sehr bedeutende; die erstere soll sich auf mindestens 50 Proc. belaufen, während die Arbeitsdauer bis auf ein Drittel herabgedrückt werden kann.

Mit gutem Erfolge ist Dynamit zu Eissprengungen gebraucht worden. Während der Belagerung von Paris wurden Kanonenboote, welche im Eis der Seine stecken geblieben waren, auf diese Weise wieder flott gemacht. Einen ausführlichen Bericht über die Anwendung des Dynamits zu diesem Zwecke hat Gobin[3]) geliefert. Es handelte sich darum, die Rhone bei Lyon eisfrei zu machen. Die Stärke des Eises betrug etwa 18 bis 20 cm. Frei aufliegender Dynamit, welcher mit einer Thonschicht bedeckt war, brachte nur geringe Wirkungen hervor. Gobin ließ deshalb parallel dem freien Eisrande (in einer Entfernung von 14 m einen Einschnitt von etwa 1 m Länge und beistehendem Profil) (Fig. 10) anlegen, dessen Tiefe 4 bis 5 cm betrug. In denselben wurde eine längliche Patrone mit etwa 210 g Dynamit gebracht und diese mit einer 3 bis 4 cm hohen Sandschicht bedeckt. Die nach der Explosion entstandenen Spalten waren durchschnittlich 40 bis 50 m lang (einmal 220 m). Um das Eis mehr zu zertheilen, wendete Gobin vortheilhaft verticale Bohrlöcher (von 8 bis 10 cm Durchmesser) an, durch welche eine Dynamitpatrone (von 17 bis 35 g), mit wasserdichtem Zünder versehen, etwa 70 cm unter die Eisfläche tauchte (Fig. 11, a. f. S.). Man soll, um das Gefrieren zu vermeiden, im Allgemeinen schnell operiren und die Patronen mit schlechten Wärmeleitern umgeben. Gobin konnte in einer Tagesarbeit mit vier Arbeitern und einem Kostenaufwande von 40 fr. 50000 qm der Eisfläche entfernen.

Fig. 10.

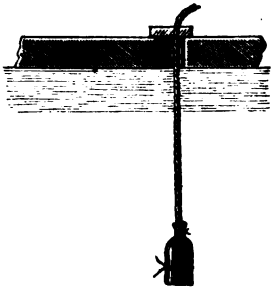
[1]) Dingler, polyt. Journ. **203**, 143 ff. — [2]) Vergl. S. 70. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **205**, 68 ff.

Digitized by Google

Gleich günstige Resultate wurden bei Eissprengungen auf der Oder (Januar 1868) erzielt. Hier wurde Dynamit nur unter der Eisdecke, am besten in Patronen von 50 g verwendet, welche zuvor, um ihnen eine möglichst hohe Temperatur zu geben und so dem Erstarren vorzubeugen, in siedendes Pech getaucht wurden. Eine solche Patrone brach durchschnittlich in der 26 cm starken Eisdecke ein Loch von 2 bis 4 m Durchmesser; starke Risse durchsetzten das Eis bis zu 8 m im Umkreise des Explosionspunktes. Die Wirkung von 50 g Dynamit wurde der von 1500 g Schießpulver gleichgesetzt. Ebenso günstig lauten die Berichte über Eissprengungen auf der Iglava (1870). Bei den jetzt zur Verfügung stehenden Mitteln, auch gefrorenen Dynamit leicht und sicher zur Explosion zu bringen, kann das immerhin umständliche Aufthauen desselben wegfallen.

In neuester Zeit wird Dynamit zum Laden von Torpedos sowohl in der deutschen als österreichischen Marine versuchsweise benutzt. Wie günstig derselbe gegen Panzerschiffe zu wirken vermag, geht daraus hervor, daß bei einem Versuche 10 Kg in einer 16 cm starken schmiedeeisernen Platte bedeutende, tiefgehende Risse hervorbrachte.

Fig. 11.



Auch zu anderen militärischen Sprengzwecken hat sich Dynamit nach in Preußen und Oesterreich angestellten Versuchen[1]) sehr brauchbar erwiesen. So wurde die bestmögliche Pallisadirung, auch wenn sie im Wasser stand, durch Entzündung eines mit Dynamit gefüllten, angelegten Drillichschlauches vollständig zerstört, die Pallisaden bis zu 62 m weit fortgeschleudert. Im Minenkrieg kann derselbe ebenfalls, jedoch nicht in allen Fällen verwerthet werden. Am wirksamsten erweist er sich in festem, zähem Erdreich (Letten); als ein Hauptvortheil gilt hier, daß die Minenöfen nicht durch Feuchtigkeit leiden. Zum Aufwerfen von Tranchéen in gefrorenem Boden ist ebenfalls Dynamit empfohlen worden.

Starke hölzerne Brückenträger wurden durch eine Ladung von 5 Kg (in einer 1,2 m langen Blechbüchse) vollständig zertrümmert. Starke Bäume (bis zu 0,6 m Durchmesser) wurden geknickt durch Explosion eines um sie gelegten Dynamitschlauches (wichtig bei schneller Anlage von Verhauen). Auch die zeitraubende Ausrodung von mächtigen Wurzelstöcken kann durch Dynamitsprengung erleichtert werden.

Zur Demolirung von Mauerwerk, ja von ganzen Häusern ist das Sprengmittel im letzten Kriege ebenfalls erfolgreich benutzt worden. Zu dem Zwecke wurden im ersteren Falle langgestreckte Dynamitladungen längs der Mauer angelegt, im letzteren Patronen von 4 bis 12 Kg in der Mitte eines unteren Zimmers frei liegend entzündet; häufig waren die Ladungen zu bedeutend.

Die zahlreichen Versuche, Dynamit zum Sprengen von Eisenmassen zu

[1]) Mittheilungen des Ingenieurcomités 1872, Heft 13.

Digitized by Google

verwenden, zeigten die wahrhaft erstaunlichen Wirkungen sehr deutlich. Schon früher hatte man dieselben in der Civiltechnik [1]) verwerthet. Im letzten Kriege wurden mit Hülfe desselben viele Geschütze total unbrauchbar gemacht; eine Patrone von 2 Kg in inniger Berührung mit dem Rohre und mit einer 5 bis 8 cm starken, feuchten Lehmschicht bedeckt genügte, ein 0,3 bis 0,4 m langes Stück vom Geschützkopfe abzusprengen und das übrige Rohr mit Rissen zu durchsetzen. Gleich geeignet erwies sich Dynamit zum Sprengen [2]) von Schienen, eisernen Trägern, Eisensauen, sowie zum Durchschlagen von Panzerplatten. Als Sprengladung von Hohlgeschossen [3]) hat sich derselbe bisher nicht bewährt; die Wirkung einer mit 0,75 Kg gefüllten $9^1/_2$zölligen Bombe, welche auf eine Panzerplatte von 11,7 cm Stärke abgefeuert wurde, war sehr unbedeutend (Versuch bei Wien, 1868).

Die Vorzüge, welche Dynamit als Sprengmittel vor dem Schießpulver besitzt, bestehen also, wie aus dem Mitgetheilten sich ergiebt, in der kürzeren, einfacheren Fabrikation, welche dazu noch ein gleichförmigeres Product liefert, in der Ersparniß an Kosten und Zeit, in der leichten und gefahrlosen Handhabung (Anwendbarkeit in feuchtem Gestein, überhaupt unter Bedingungen, welche Pulver ausschließen, Entbehrlichkeit des Besatzes). Die früher bei Sprengungen mit flüssigem Sprengöl laut gewordenen Klagen über Belästigung der Arbeiter sind seit Einführung des Dynamits fast ganz verstummt. Nach verschiedenen Zeugnissen erlitt der Betrieb selbst in Gruben, deren Ventilation mangelhaft war, keine Störung bei Anwendung von Dynamit. Auch ist bei Handhabung desselben nur ein ernstlicher Unfall im Szaloczer Eisenwerk [4]) bekannt geworden, welcher jedoch auf die geringere Qualität des aus einer Prager Fabrik bezogenen Products zurückgeführt wird. Daß die Fabrikation des Dynamits resp. des Nitroglycerins noch immer mit großer Gefahr verbunden ist, geht aus der Reihe trauriger Explosionen hervor, von welchen allein im Jahre 1870 sechs Fabriken betroffen wurden. Welche Umstände diese Unfälle veranlaßten, ließ sich niemals mit Sicherheit constatiren, da die Betheiligten stets das Leben verloren. Wenn auch der fertige Dynamit seine Gefahrlosigkeit documentirt hat, so ist doch immer bei seiner Verwendung größte Vorsicht geboten.

Die Hauptmängel des Dynamits bestehen darin, daß bei Sprengungen unter Wasser dichte Hüllen nothwendig sind, und daß derselbe bei niederer Temperatur hart wird. Jedoch sind beide Uebelstände in der Civiltechnik kaum von Bedeutung, während ihre Beseitigung vom Standpunkte des Militäringenieurs wünschenswerth ist.

Andere Präparate mit indifferenten Zusätzen.

Die sichere Handhabung dieses Sprengmittels hängt wesentlich mit der Güte des Auffaugungsmittels zusammen; bindet dieses das Nitroglycerin nicht fest ge-

[1]) Dingler, polyt. Journ. **190**, 124 und **202**, 471. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **206**, 46. — [3]) S. auch Mittheil. über Gegenst. des Artill.- u. Genie-Wesens 1871, 528. — [4]) Jahresber. 1871, S. 312.

Digitized by Google

nug, so wird dasselbe zu leicht austreten und jedenfalls die Gefahr steigern. Nach neuesten Erfahrungen sollen manche Thonsorten, nachdem sie calcinirt und gemahlen sind, der Infusorienerde an Absorptionsvermögen nicht nachstehen.

In Paris wurden während der Belagerung zwei Dynamitfabriken errichtet, aber in Ermangelung von Kieselguhr die Asche von Bogheadkohle benutzt. Als anderes indifferentes Absorptionsmittel hat Horsley[1]) gepulverten Alaun (oder Bittersalz) empfohlen, welcher durch ein feines Sieb gegangen ist; auf 8 Thle. Alaun sollen 3 Thle. Nitroglycerin genommen werden. Der Vorschlag scheint keine Beachtung gefunden zu haben. Girard, Millot und Vogt[2]) lassen Nitroglycerin von Zucker aufsaugen bei der Herstellung von Dynamit.

Nitroglycerin mit wirksamen Zusätzen, welche, mehr oder weniger porös, dasselbe aufsaugen sollen, ist unter verschiedenen Namen in den Handel gebracht worden. Nobel's Sprengpulver[3]) war die erste Mischung, welche jedoch erst unmittelbar vor dem Gebrauche bereitet wurde. Später[4]) ließ sich Nobel folgende Pulversorten in Frankreich patentiren:

	I.		II. (zuweilen Kohlendynamit genannt).	
Barytsalpeter . .	68		70	Durch Zusatz von Schwefel soll die Wirkung erhöht werden.
Holzkohle	12	Harz	10	
Nitroglycerin . .	20		20	
	100		100	

Trauzl (l. c. S. 87) hat Versuche angestellt, die mit Nitroglycerin getränkte Schießwolle allgemeiner zu verwerthen und ist zu dem wichtigen Resultate gelangt, daß das Gemisch auch mit einem bis zu 15 Proc. gehenden Wassergehalt in hohem Grade explosiv wirkt, wenn es mit starkem Zünder entzündet wird, jedoch durchaus gefahrlos aufzubewahren und zu handhaben ist. Nach viertägigem Liegen in Wasser nahm eine Mischung von 73 Thln. Nitroglycerin, 25 Thln. Schießwolle und 2 Thln. Kohle 15 Proc. Wasser auf, explodirte aber noch stark bei Anwendung eines Detonationszünders. In größerem Umfange auszuführende Versuche müssen die Tauglichkeit dieses Präparats noch bestätigen.

Ueber die Zusammensetzung des als Sprengmittel (von Wasserfuhr in Cöln) in den Handel gebrachten Coloniapulvers[5]) ist nur bekannt, daß es 30 bis 35 Proc. Nitroglycerin enthält, welche von einer geringeren Sorte Sprengpulver absorbirt sind. Nach Versuchen bei Bonn soll das Präparat unter günstigen Umständen fünf- bis sechsmal so stark als gewöhnliches Pulver wirken, jedoch einer sehr starken, also auch theuren Zündung bedürfen. Aus diesem Grunde vielleicht hat das Coloniapulver keine Verbreitung gefunden (trotz seines geringen Preises: 24 Groschen pr. Kg).

---

[1]) Deutsche Ind.-Zeitg. 1869, S. 458. — [2]) Liebig, Jahresber. 1870, S. 1127. [3]) Vergl. S. 64. — [4]) Jahresber. 1870, S. 217. — [5]) Deutsche Ind.-Zeitg 1871, S. 58.

Digitized by Google

Lithofracteur.

Weit umfassendere Sprengversuche in der Civil- und Militärtechnik sind mit dem von Krebs (in Deutz) fabricirten und unter der Bezeichnung: „Verbesserter Lithofracteur“.[1]) in den Handel gebrachten Sprengmittel angestellt worden. Nach dem äußeren Ansehen bildet dasselbe eine schwarze teigförmige Masse, über deren nähere Zusammensetzung und Darstellung nichts Genaues bekannt ist. Nach Trauzl (l. c. S. 184) besteht Lithofracteur aus:

Nitroglycerin	52
Kieselguhr und Sand . .	30
Steinkohle	12
Natronsalpeter	4
Schwefel	2
	100

Derselbe wäre demnach Dynamit, welcher mit einem schlecht combinirten Schwarzpulver vermischt ist. Nach Anderen soll derselbe nur aus Nitroglycerin und einer Art Sprengpulver nebst geringen Mengen Thon zusammengesetzt sein.

Der Pulversatz soll die Entzündbarkeit bei niedriger Temperatur sichern. Trauzl giebt in der That den Entzündungspunkt bei 120° an (den des Dynamits bei 190°). Nach englischen Versuchen[2]) brennt Lithofracteur, wenn er auf 190° erhitzt ist, ab. Wahrscheinlich ist die Verschiedenheit der Präparate die Ursache dieser abweichenden Angaben gewesen. In den Handel werden drei Sorten gebracht, welche sich durch ihre Stärke unterscheiden.

Wird Lithofracteur an offener Luft entzündet, so brennt er ohne Explosion mit scharf vorschießender röthlicher Flamme und geringer Rauchentwicklung ab, auch wenn größere Mengen betroffen werden. Einmal fingen 200 Kg des gefrorenen Materials, welches in vier Kisten verpackt an einem heißen Ofen unvorsichtig aufgethaut wurde, Feuer; jedoch kam es nicht zur Explosion trotz des sehr heftigen Verbrennens. Absichtlich angestellte Versuche hatten ebenfalls die Gefahrlosigkeit bei Feuersbrünsten dargethan.

Auch gegen starken Druck und Stoß zeigte sich Lithofracteur in hohem Grade unempfindlich. Eine Gewehrkugel, welche durch eine Lithofracteurpatrone geschossen wurde, bewirkte nicht Entzündung. Eine Büchse mit 2,5 Kg des Sprengmittels wurde beim Falle aus einer Höhe von circa 50 m zertrümmert, explodirte jedoch nicht. Eine mit 330 g geladene Granate wurde abgefeuert und crepirte beim Aufschlage nicht. Bei starkem Schlage von Eisen auf Lithofracteur, welcher sich auf einer Eisenunterlage befindet, erfolgt Explosion.

Aus allen Versuchen geht hervor, daß das Sprengmittel bei genügender Vorsicht ebenso gefahrlos ist wie Dynamit, daß Schießpulver bei etwaiger Feuersgefahr größeren Schaden anrichten wird, als diese beiden Sprengstoffe.

---

[1]) Vergl. die Broschüre von C. Luckow: Ueber Sprengpulver ꝛc., speciell Lithofracteur. Deutz 1869. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **203**, 502 und **204**, 161.

Digitized by Google

Der Lithofracteur wird wie Dynamit in Patronen oder Schläuchen verwendet; auch die Entzündung wird in gleicher Weise (vergl. S. 70) bewirkt.

Nach Luckow soll die beste Sorte, Nr. I, so viel leisten, wie die sechs- bis siebenfache Menge Sprengpulver. Resultate bei Gesteinssprengungen im Sandstein, Trachyt, Basalt, Quarz ꝛc. waren sehr befriedigend. Es empfiehlt sich, die Bohrlöcher bei einer Weite von 3,9 cm nicht tiefer als 1 m anzulegen. Die Ladung soll so stark gewählt werden, daß $^1/_3$ bis $^1/_4$ des Bohrloches ausgefüllt wird. Bei einigermaßen guter Wetterführung soll die Strecke sofort wieder fahrbar sein.

Die Frage, ob die Verbrennungsproducte des Lithofracteur schädlich wirken, ist noch nicht entschieden; bei dem von Trauzl angegebenen starken Kohlenstoffgehalt ist Kohlenoxydbildung wohl mit Sicherheit anzunehmen; ob die Menge des Gases bedeutend ist, hat man noch nicht festgestellt.

Bei Sprengung von Eisenblöcken, Ofensauen ꝛc. ist Lithofracteur mit etwa gleichem Erfolge wie Dynamit angewendet worden. Die Ladung wurde nur auf die Oberfläche aufgedrückt und mit einer Schicht feuchten Lehmes bedeckt. Auch zu militärischen Zwecken sind Sprengungen mit Lithofracteur in ausgedehntem Maße versucht worden: Geschütze wurden in gleicher Weise wie mit Dynamit (s. S. 75) auf dem Mont Valerien [1]) zerstört, mittelst Ladungen von 1 bis 2,5 Kg (je nach Größe des Geschützes). Ferner wurden aus Eisenbahnschienen gebildete bombensichere Hohlräume gänzlich zerstört (durch 2 Kg wurden 5, durch 4,5 Kg 15 Schienen vollständig durchbrochen).

Sprengungen in der Erde, wie sie zum Minenkriege benöthigt werden, fielen ungünstig aus, weil der Widerstand des Erdreiches zu gering, die Wirkung des Sprengmittels zu brisant war. Dagegen waren die Pallisadensprengungen, bei welchen der Lithofracteur sich in Leinwandschläuchen oder Zinkblechröhren befand, sehr erfolgreich, ja wie es schien, den mit Dynamit erzielten überlegen [2]).

Auch die Sprengwirkungen unter Wasser waren vortrefflich, so daß Lithofracteur ebenfalls zu Torpedos geeignet sein dürfte; für eine dichte Hülle muß natürlich gesorgt sein, da das Sprengmittel mehr, als Dynamit, gegen Wasser empfindlich ist. Bei einem Versuche wurden 7,5 Kg desselben 1 m über einer 1,3 cm dicken schmiedeeisernen Kesselplatte unter Wasser entzündet; dieselbe wurde in der Mitte durchgeschlagen und erhielt zahlreiche Risse.

Endlich sind die mit Lithofracteur wohl gelungenen Eissprengungen im Rheine bei Griethausen und an der Weichselmündung zu erwähnen. Das Verfahren war sehr einfach: Es wurden Löcher in das Eis gebohrt und Patronen in das Wasser gehängt; der richtige Abstand derselben vom Eise ist sehr wesentlich: je stärker dieses ist, desto näher muß die Ladung angebracht werden. Mit 0,5 bis 1,5 Kg erzielte man Löcher von 2,5 bis 9,4 m Durchmesser. Die Resultate der mit Dynamit gemachten Sprengungen (s. S. 73 und 74) scheinen günstiger zu sein.

---

[1]) Wiek's Gew.-Zeitg. für 1871, S. 144. — [2]) Vergl. Luckow, l. c. S. 51 (Bericht einer Militärcommission).

Digitized by Google

Nach allen bisherigen Resultaten scheint in dem Lithofracteur ein dem Dynamit in Bezug auf Sprengwirkung nahezu ebenbürtiges Sprengmittel erwachsen zu sein. Die Empfindlichkeit des ersteren gegen höhere Temperatur ist als ein Nachtheil dem anderen gegenüber zu betrachten. Daß ferner der erstere wegen seines Gehaltes an Natronsalpeter gegen Feuchtigkeit empfindlicher ist als Dynamit, unterliegt wohl keinem Zweifel. Ob und wie viel Kohlenoxyd seine Verbrennungsgase enthalten, ob sie also schädlich wirken können, ist eine Frage, welche noch zu entscheiden ist.

Dualin.

Ein so bezeichnetes Sprengmittel hat ebenfalls als wirksamsten Bestandtheil Nitroglycerin, welches von nitrificirtem Sägemehl, also Schultze'schem Pulver (s. S. 45) oder ähnlichen Substanzen absorbirt ist. Trauzl (l. c. S. 185) giebt an, das Dualin bestehe aus 50 Thln. Nitroglycerin, 30 Thln. feinen Sägespänen und 20 Thln. Salpeter. In der Patentbeschreibung des Erfinders Ditmar [1]) (in Charlottenburg) sind fünf Methoden angegeben, nach welchen mehrere Varietäten des Dualins dargestellt werden können. Das Sägemehl, welches verarbeitet wird, muß vorher mit verdünnten Säuren und mit Sodalösung behandelt werden. Die Zusammensetzung des nach der ersten Methode bereiteten Dualins wird der von Trauzl angegebenen entsprechen.

Die übrigen Präparate, welche alle den Namen Dualin führen sollen, enthalten Nitrocellulose, Nitrostärke, auch Nitromannit neben Sprengöl, erstere dienen als Absorptionsmittel des letzteren.

Das im Handel vorkommende Dualin ist ein gelblich braunes Pulver von dem sehr geringen specifischen Gewichte 1,02. An freier Luft brennt es ohne Explosion ab. Jedoch ist dasselbe, wie es scheint, gegen Feuer und mechanische Wirkungen empfindlicher, als Dynamit und Lithofracteur. Zwar konnte nach österreichischen Versuchen [2]) Dualin durch starken Stoß resp. Fall nicht zur Explosion gebracht werden; aber beim Ausbohren einer Patrone durch einen geübten Arbeiter (behufs Einsetzung des Zündhütchens) kam ein Unfall vor. Jetzt werden besondere Zündpatronen geliefert, in denen eine Aushöhlung zur Aufnahme der Kapseln angebracht ist.

Nach Ditmar soll sich sein Sprengmittel in der Kälte nicht verändern; jedoch ist nicht ersichtlich, warum in diesem Falle Nitroglycerin sich anders verhalten wird, als im Dynamit und Lithofracteur.

Die Entzündung des Dualins, welches in Patronen, die zum Schutze gegen Feuchtigkeit mit Wasserglas überzogen sind, zur Verwendung gelangt, wird am zweckmäßigsten durch ein starkes Zündhütchen erreicht, obwohl auch eine Zündschnur an trockenem Orte und bei festem Besatze genügen soll.

Die Erfahrungen, welche über die Sprengwirkungen des Dualins gesammelt wurden, sind noch nicht zahlreich genug, um ein Urtheil über die Brauchbarkeit

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **196**, 90. — [2]) Wiek's Gew.-Ztg. 1870, S. 186.

Digitized by Google

desselben zu gestatten. Nach den Versuchen, welche in Steinkohlengruben sowie im Staßfurter Salzlager [1]) angestellt wurden, scheint die Zersetzungsgeschwindigkeit des Dualins geringer, die Wirkung also allmählicher zu sein als die der anderen Nitroglycerinpräparate. Die Leistung soll um das Sechs- bis Achtfache die des Schwarzpulvers übertroffen haben. Im grauen Sandstein (bei Wien) ergab sich eine durchschnittlich fünffache Wirkung im Vergleiche mit Pulver (die Bohrlöcher hatten 3,9 cm im Durchmesser; der Besatz war lose) [2]).

Die Nachtheile des Dualins anderen Nitroglycerinpräparaten, namentlich dem Dynamit gegenüber bestehen in der nicht genügend gefahrlosen Handhabung, in dem geringen specifischen Gewichte, welches die Anwendung voluminöser Ladungen, also auch größerer Bohrlöcher veranlaßt, und in der mangelhaften Absorptionsfähigkeit der Holzfaser resp. der nitrificirten Cellulose. Wegen dieses Uebelstandes sind stärkere Patronenhüllen erforderlich. Endlich ist wohl anzunehmen, wenn auch noch unbewiesen, daß unter den Explosionsproducten Kohlenoxyd wegen des starken Kohlenstoffgehaltes nicht fehlen wird.

Mit dem Dualin ist ein von W. Shaem [3]) empfohlenes Präparat seiner allgemeinen Zusammensetzung nach identisch; dasselbe wird dadurch erhalten, daß 100 Thle. Schultze'sches Pulver mit 10 bis 60 Thln. Sprengöl getränkt werden.

Fulminatin [4]) ist der Name eines neuen, ebenfalls von Nitroglycerin sich ableitenden Sprengmittels, welches nach Fuchs bis zu 85 Proc. von diesem neben einer chemisch präparirten Substanz (?) enthält. Beim Verbrennen hinterbleibt ein geringer an Kohlenstoff reicher Rückstand.

Das schon früher unter der Bezeichnung: Ammoniakkrut von Norrbin [5]) empfohlene Sprengmittel scheint nach seiner Beschaffenheit ebenfalls dem Nitroglycerin nahe zu stehen. Weitere Verbreitung hat dasselbe nicht gefunden.

Aufbewahrung, Verpackung, Transport der Nitroglycerinpräparate.

Die Nitroglycerinpräparate, in erster Linie der Dynamit, haben in der Sprengtechnik eine solche Bedeutung gewonnen, daß auch die Sprengölfabrikation seit den letzten Jahren in raschem Fortschreiten begriffen ist. Von größter Wichtigkeit für das Gedeihen des Industriezweiges ist die sichere Aufbewahrung, Verpackung und der gefahrlose Transport des Nitroglycerins und namentlich seiner Präparate. Von der Versendung sowie der praktischen Verwerthung des ersteren hat man fast allgemein Abstand genommen. Soll flüssiges Sprengöl aufbewahrt werden, so ist Methylisirung [6]) am empfehlenswertheften. Nobel hatte in früherer

---

[1]) Deutsche Ind.-Zeitg. 1870, Nr. 12. — [2]) Siehe Mittheilungen über Gegenstände des Artill.- und Genie-Wesen, Jahrg. 1870, S. 473. — [3]) Deutsche Ind.-Zeitg. 1869, S. 128. — [4]) Wiek's Gew.-Zeitg. 1872, S. 80. — [5]) Wiek's Gew.-Zeitg. 1869, S. 85. — [6]) Siehe S. 66.

Digitized by Google

Zeit sein Sprengöl in elastischen Flaschen aufbewahrt und versandt, welche mit einer leicht schmelzenden Sicherheitsplatte (für den Fall einer Feuersbrunst) verschlossen waren.

Die Aufbewahrung der Nitroglycerinpräparate geschieht an Orten, welche vor Feuer geschützt sind, und in denen keine anderen explosiven Stoffe, wie Zündrequisiten, zugelassen werden dürfen; die Zündhütchen sind also stets getrennt von den Sprengmitteln aufzubewahren. Die Magazine sind am geeignetsten aus Lehmwänden aufgeführte, mit Pfannendach versehene Schuppen, welche mindestens 200 bis 300 Schritt von bewohnten Gebäuden entfernt sein sollen. Man umgiebt die Magazine mit einem starken, hohen Zaune und zur besonderen Vorsicht mit einem 1 m hohen Walle aus Sand oder Erde. Auch kann man zweckmäßig kleine Vorrathsräume in Aushöhlungen anlegen und die ausgeworfene Erde als Wall aufführen. In Bergwerken sind alte, verlassene Stollen, welche gut verschließbar und nicht zu feucht sein dürfen, zur Aufbewahrung sehr brauchbar. In diesen Räumen werden die mit den Sprengstoffen gefüllten Packete oder Kisten auf hölzerne Gestelle gesetzt oder in Behältern von Zinkblech aufbewahrt.

Für den Transport von Nitroglycerinpräparaten gelten jetzt im Allgemeinen die Vorschriften, welche auch bei dem gewöhnlichen Schießpulver eingehalten werden. Das Verbot des Dynamittransportes in Oesterreich, welches die Verbreitung dieses werthvollen Sprengmittels hinderte und die Zahl der Unglücksfälle nur vermehren konnte, indem dasselbe undeclarirt versandt wurde, ist nachträglich aufgehoben worden. Der Transport ist unter der Bedingung gestattet, daß der Dynamit in Patronen sorgfältig verpackt und von rothen Frachtbriefen begleitet ist. Auch hat man in Oesterreich die Einfuhr des Dynamits durch Herabsetzung des Zolles erleichtert und dadurch die Bedeutung dieses Sprengmittels für den Bergbau und andere industrielle Zwecke anerkannt.

Wie aus den vielfachen, oben (s. S. 68 ff. 77 u. 79) mitgetheilten Versuchen hervorgeht, bieten die Nitroglycerinpräparate alle nur wünschenswerthe Sicherheit für den Transport dar; immerhin ist Vorsicht unerläßlich. Es ist zweckmäßig, hier die allernothwendigsten Vorsichtsmaßregeln, welche die Verwendung der Präparate erheischt, zusammenzufassen: Jede starke Erhitzung ist unbedingt zu unterlassen, ebenso müssen heftige Stöße oder starke Reibung zwischen Metallflächen vermieden werden (namentlich bei Benutzung gefrorener Präparate). Mit besonderer Vorsicht sind Patronen, mit denen die Zündvorrichtung verbunden ist, zu behandeln; am besten wird das Zündhütchen mit Schnur erst unmittelbar vor dem Gebrauche eingesetzt.

Zur Statistik der Nitroglycerinfabrikation mögen folgende Angaben dienen: Die Zahl der Fabriken ist — namentlich seit Einführung des Dynamits — von Jahr zu Jahr gewachsen. Ueber den Verbrauch von Sprengöl in Schweden während der Jahre 1865 bis Mitte 1868 giebt Nobel[1]) folgende Daten:

1865	16129 Kg
1866	24392 „
1867	38288 „
1868 (erste Hälfte)	32147 „

[1]) Dingler, polyt. Journ. **190**, 124.

Digitized by Google

In Schieferbrüchen von Nordwales wurden von 1866 bis Mitte 1868 etwa 9000 Kg verwendet. In Schlesien belief sich der monatliche Verbrauch im Jahre 1868 sogar auf 4000 Kg. Ueber den Consum anderer Districte sind keine Angaben bekannt geworden.

Die Production des Dynamits hat seit seiner Entdeckung rapide Fortschritte gemacht. Bis Mitte 1868 waren von Nobel schon 50000 Kg abgesetzt. Im Jahre 1869 lieferte die Hamburger Fabrik 15000 Kg monatlich; im Jahre 1870 waren circa 500000 Kg des Nobel'schen Fabrikats verbraucht. Die jährliche Dynamitproduction auf dem Continent schätzt Capitaine (1872) auf 625000 Kg.

Der Preis des Nitroglycerins betrug in den ersten Jahren zwischen 2 Thlr. 4 Gr. und 2 Thlr. 14 Gr. pr. Kg; der des Dynamits bei seinem Erscheinen durchschnittlich 1 Thlr. 6 Gr. Jetzt kostet das Kg der drei wichtigsten Nitroglycerinpräparate in ihren besten Sorten etwa 1 Thlr. 100 Stück Patentzündhütchen kosten 15 Gr.

Die Vortheile, welche Dynamit in hervorragendster Weise, Lithofracteur und andere Nitroglycerinpräparate in geringerem Maße vor dem Schießpulver besitzen, sind im Laufe der Darstellung hervorgehoben worden. Es lohnt sich, hier dem Dynamit seinen mächtigsten Concurrenten, die comprimirte Schießwolle, gegenüberzustellen, beide in ihren Wirkungen zu vergleichen: Trotz des hohen Compressionsgrades ist die Kraft eines gleichen Volumens Schießwolle bei der Explosion geringer als die von Dynamit. Da auch die Fabrikationskosten des letzteren gegen 20 bis 30 Proc. geringer sind als die der comprimirten Schießwolle, ferner die zur vollen Wirkung nöthige Zündung der letzteren theurer ist, als die des Dynamits, so folgt daraus, daß in der Sprengtechnik bei Anwendung des letzteren eine Kosten- und Zeitersparniß erzielt wird, daß derselbe also auf diesem Gebiete bei dem jetzigen Stande der Industrie unbedingt der Schießbaumwolle vorzuziehen ist. Immerhin fehlt es noch an genügend zahlreichen und maßgebenden Erfahrungen über Sprengungen mit Schießwolle [1]). Dagegen hat letztere alle Aussicht, als Schießpräparat eine wichtige Rolle zu spielen, während Nitroglycerinpräparate von dieser Verwendung ausgeschlossen sind.

Sechstes Capitel.

Knallquecksilber (als Anhang: Knallsilber und Knallgold).

Das Knallquecksilber wurde von Howard [2]) im Jahre 1799 entdeckt; die außerordentlich explosiven Eigenschaften des neuen Körpers verhinderten vorläufig

[1]) Vergleichende Versuche mit beiden Sprengmitteln sind in Oesterreich ausgeführt, vergl. Lauer's Broschüre: Spreng- und Zündversuche mit Dynamit und comprimirter Schießwolle, ferner J. Arlt, Mittheilungen über Gegenstände des Artill.- und Genie-Wesens, Heft 6, Jahrg. 1872, S. 395. — [2]) Vergl. Dingler, polyt. Journ. **61**, 192.

Digitized by Google

eine genauere Unterſuchung. Erſt durch die berühmte Arbeit Liebig's und Gay-Luſſac's [1]) über die Fulminate wurde die Zuſammenſetzung dieſer intereſſanten Körper feſtgeſtellt. Auch Berzelius und Wöhler haben ſich mit der Unterſuchung des Knallqueckſilbers beſchäftigt; erſterer nannte daſſelbe queckſilberknallſaures Queckſilberoxyd. Kekulé [2]) hat endlich in neuerer Zeit die rationelle Conſtitution der Fulminate mit genügender Sicherheit kennen gelehrt.

Darſtellung des Knallqueckſilbers.

Die zur Bereitung des Knallqueckſilbers nöthigen Materialien ſind Queckſilber, Salpeterſäure und Alkohol; die Stärke der beiden letzteren variirt in den verſchiedenen Vorſchriften nur wenig.

Howard nahm auf 1 Thl. Queckſilber 5 Thle. Salpeterſäure (von 1,3 ſpecif. Gew.) und 10 Thle. Alkohol (ſpecif. Gew. 0,85). Nach Chandelon [3]) löſt man 1 Thl. Queckſilber in einem geräumigen Gefäße in 10 Thln. Salpeterſäure (ſpecif. Gew. 1,4) unter ſchwachem Erwärmen auf und bringt die etwa 55° warme Löſung in einen Kolben, welcher 8,3 Thle. Alkohol (von 0,83 ſpecif. Gew.) enthält. Der Rauminhalt des Gefäßes muß mindeſtens das Sechsfache der aufzunehmenden Flüſſigkeit betragen. Nach kurzer Zeit beginnt die Reaction, welche anfangs ſich nur durch eine ſchwache Gasentwicklung bemerklich macht; bald jedoch geräth die Flüſſigkeit ins Sieden, und unter ſtarkem Schäumen entweichen weiße, dichte Dämpfe, welche Kohlenſäure, Stickoxyd, Salpeter- und Eſſigäther, ſowie Queckſilber enthalten. Da dieſelben der Geſundheit ſchädlich und leicht entzündlich ſind, muß die Operation unter einem guten Zuge und fern von allem Feuer vorgenommen werden. Nach Beendigung der Reaction hat ſich auch das Knallqueckſilber in kleinen, ſchwach grau gefärbten Nadeln abgeſchieden; man bringt den Gefäßinhalt auf ein doppeltes Filter und wäſcht das Product ſo lange aus, bis das ablaufende Waſſer keine ſaure Reaction mehr zeigt.

Die Kryſtalle werden ſodann vorſichtig vom Papier losgelöſt, in kleinen Portionen auf einer unglaſirten Thonplatte (oder einem Ziegelſteine) ausgebreitet und, vor Sonnenlicht geſchützt, bei gelinder Wärme getrocknet. Aus 100 Thln. Queckſilber werden durchſchnittlich 125 Thle. Knallqueckſilber gewonnen, während die theoretiſche Ausbeute ſich auf 142 Thle. beläuft.

Nach Liebig's [4]) Verfahren, welches eine ähnliche Ausbeute ergiebt (118 bis 128 Thle.), werden 3 Thle. Queckſilber in 36 Thln. Salpeterſäure (von 1,34 ſpecif. Gew.) in der Kälte gelöſt und zwar in einem Gefäß, welches wenigſtens achtzehnmal die Miſchung faſſen kann. Zu der Löſung, welche ſalpetrige Säure abſorbirt enthält, ſetzt man 17 Thle. Alkohol (von 80 bis 85 Proc.) und ſchüttelt gut um. Die Einwirkung beginnt nach wenigen Minuten; eine ſtark lichtbrechende Flüſſigkeit ſcheidet ſich aus, welche man durch Schütteln mit der übrigen miſcht. Dann ſchwärzt ſich das Gemiſch durch Ausſcheidung von

[1]) Ann. chim. et phys. **25**, 285. — [2]) Ann. Chem. Pharm. **101**, 204. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **108**, 21. — [4]) Ann. Chem. Pharm. **95**, 282.

Digitized by Google

Metall, und eine stürmische Reaction tritt ein, welche man durch allmählichen Zusatz von weiteren 17 Thln. Alkohol mäßigt. Das ausgeschiedene Metall verschwindet; Krystalle von Knallquecksilber bilden sich und setzen sich am Boden des Gefäßes ab; keine Spur Quecksilber ist in der Lösung nachzuweisen.

Nach dieser Vorschrift wurde das Knallquecksilber in französischen Fabriken gewonnen. Chevalier[1]) leitet die Dämpfe durch mehrere Vorlagen, in welchen sie zum Theile verdichtet werden, und zuletzt in einen Schornstein. Sein Verfahren ist in mehreren französischen Etablissements eingeführt und hat eine sehr günstige Aufnahme gefunden.

Englische Versuche haben gezeigt, daß die Methode Chandelon's bei guter Ausbeute ein treffliches Präparat liefert, während bei Anwendung der Materialien in anderen Verhältnissen entweder gar kein Knallquecksilber oder nur geringe Mengen sich bilden. So wird aus 1 Thl. Quecksilber, 8 Thln. Salpetersäure (specif. Gew. 1,37) und 6,5 Thln. Alkohol (0,896 specif. Gew.) keine merkliche Ausbeute erzielt.

Stahlschmidt[2]) fand, daß Knallquecksilber auch bei Anwendung von Lignon statt Weingeist entstand; dagegen bildete sich dasselbe nicht, wenn reiner Methylalkohol mit salpetersaurem Quecksilberoxyd und Salpetersäure erwärmt wurde.

Das fertige Präparat wird in kleinen Portionen (höchstens zu 8 g) in Papier eingeschlagen und in hölzerne Kästen oder große mit Korken verschlossene Glasgefäße locker verpackt. Am sichersten ist die Aufbewahrung unter Wasser.

Eigenschaften und Constitution.

Die grauen Krystalle zeigen sich unter dem Mikroskop als Octaeder, welche, häufig an einander gereiht, Nadeln bilden. Sie sind in kaltem Wasser fast unlöslich; aus heißem, von dem 130 Thle. erforderlich sind, um 1 Thl. zu lösen, krystallisirt das Präparat gelblich gefärbt mit schönem Seideglanz. Dasselbe besitzt einen süßlichen Metallgeschmack und ist, wie alle Quecksilberverbindungen, sehr giftig.

Liebig und Gay-Lussac, welche die Zusammensetzung des Knallquecksilbers durch die Analyse festgestellt hatten, betrachteten dasselbe als knallsaures Quecksilberoxyd und schrieben seine Formel (mit alten Atomzeichen) $2\,HgO\,.\,C_4N_2O_2$. Diese Annahme wurde öfters modificirt: So betrachtete Berzelius das Knallquecksilber als das Salz einer gepaarten queckfilberhaltigen Säure. Gerhardt ist wohl der Erste gewesen, welcher die Vermuthung aussprach, daß in dem Knallquecksilber eine Nitrogruppe enthalten sei; Kekulé wies mit ziemlicher Bestimmtheit nach, daß dem Körper folgende rationelle Formel (mit neuen Atomzeichen) zukomme: $C(NO_2)(CN)Hg$. Als Hauptstützen seiner Ansicht über die Constitution führt derselbe die Reactionen[3]) mit Chlor, Brom und Schwefelwasserstoff an.

[1]) Dingler, polyt. Journ. **61**, 199. — [2]) Jahresber. 1861, S. 284. — [3]) l. c. S. 207 ff.

Digitized by Google

Zersetzungserscheinungen.

Die wichtigste Eigenschaft des Knallquecksilbers ist seine außerordentliche Explosionsfähigkeit. Durch mäßigen Schlag, sowie durch Reibung mit harten Körpern erfolgt Detonation unter röthlicher Lichterscheinung. Da die Zersetzung in Stickstoff, Kohlenoxyd und Quecksilberdampf fast momentan vor sich geht, ist die Explosion außerordentlich heftig. Wird Knallquecksilber erhitzt, so explodirt es bei 187° (nach Leygue und Champion[1]) bei 200°, nach anderen Angaben bei 149°). Wird das frei liegende Präparat durch einen brennenden Körper entzündet, so verpufft es nur mit mäßigem Knalle; durch den Inductionsfunken erfolgt Detonation. Die Leichtigkeit, mit welcher die explosive Zersetzung herbeigeführt werden kann, ist je nach den Umständen verschieden groß. So explodirt die trockne Substanz zwischen Eisenplatten durch Schlag unfehlbar, während die Explosion weniger leicht zwischen Eisen und Kupfer, schwierig zwischen Marmorplatten, kaum zwischen Eisen und Blei, erfolgt; ein Schlag von Holz auf Holz bleibt unwirksam. Je größer die Krystalle sind, desto leichter sollen sie detoniren.

Die Explosivität kann durch Befeuchten geschwächt, ja ganz aufgehoben werden; bei einem Wassergehalte von 5 bis 30 Proc. explodiren nur die von einem starken Schlage direct getroffenen Theilchen; die Zersetzung theilt sich den benachbarten nicht mit.

Das Verhalten des Knallquecksilbers im luftverdünnten Raume ist ganz ähnlich dem der Schießbaumwolle[2]). Heeren hat gefunden, daß durch einen galvanisch glühend gemachten Draht nur die unmittelbar an demselben haftenden Theilchen ohne Feuererscheinung explodirten, die benachbarten unzersetzt fortgeschleudert wurden. Auf diese Beobachtung sich stützend empfiehlt Ph. Neumann[3]) die gefährliche Operation des Körnens und Mengens[4]) des Knallquecksilbers im luftverdünnten Raume vorzunehmen; einen Apparat zu diesem Zwecke herzustellen, ist ihm, wie es scheint, noch nicht gelungen.

Auf der Fähigkeit des Knallquecksilbers, durch Stoß zu explodiren, beruht seine Hauptanwendung zur Füllung der Zündhütchen, deren Fabrikation weiter unten beschrieben ist. Das Präparat für sich allein als Schieß- und Sprengmaterial anzuwenden, war zu bedenklich, einmal wegen der gefährlichen Handhabung größerer Mengen, sodann wegen der enorm brisanten Wirkung. Die Zersetzung ist so plötzlich, daß in der kurzen Zeit die Trägheit eines Geschosses nicht überwunden wird, sondern selbst starke Rohrwände gesprengt werden. Nur in kleinsten Ladungen, welche im Zündhütchen mit der Kugel angebracht sind, ist die Anwendung in den sogenannten Zimmerpistolen möglich.

Die zerstörende (brisante) Wirkung des Knallquecksilbers im Vergleiche zu der ballistischen des Schießpulvers wurde durch einen Versuch Abel's[5]) klar dargethan. Eine mit 6,5 g Knallquecksilber geladene Bombe wurde bei der Explosion

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **203**, 303. — [2]) cf. S. 30. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **202**, 272. — [4]) Siehe weiter unten S. 95. — [5]) Chem. News 1862, S. 270 ff.

Digitized by Google

fast zu Staub zersprengt, während eine gleich große mit 49,7 g Schießpulver geladene Bombe in mehrere große Stücke zerrissen wurde, welche weit fortgeschleudert wurden. In ersterem Falle lagen die Sprengstückchen nahe dem Explosionspunkte; der bei weitem größte Theil der explosiven Kraft war demnach auf Zerstörung des Zusammenhanges der Eisenmasse verwendet worden. Auch v. Uchatius hat wie bei der Schießbaumwolle [1]) und anderen explosiven Stoffen den im Innern des Rohres herrschenden Gasdruck außerordentlich hoch gefunden, wenn kleine Knallquecksilberladungen entzündet wurden.

Aus diesem Grunde wird das Knallquecksilber fast ausschließlich als Zündungsmittel angewendet und zwar in der Regel gemengt mit anderen brennbaren Körpern resp. Gemischen, wie Schießpulver, chlorsaurem Kali oder Salpeter gemengt mit Schwefel ꝛc. Diese Zusätze sollen dazu dienen, den Zersetzungsproceß zu verlangsamen, also die Wirkung desselben nachhaltiger zu machen, und namentlich das Volum der Verbrennungsgase zu vergrößern. So wird eine längere Stichflamme erzielt, welche tiefer in die Zwischenräume des zu entzündenden Pulvers eindringt und die Entzündung der Ladung sicherer und vollständiger herbeiführt.

Von welcher Wichtigkeit es ist, das Knallquecksilber mit dem Pulver, welches entzündet werden soll, innig zu mengen oder mindestens in einem Raume eng einzuschließen, geht aus dem bekannten Versuche hervor, daß jenes, in bloßer Berührung mit Schießpulver an der Luft explodirend, dieses unentzündet fortschleudert.

Knallsilber und Knallgold.

Dem Knallquecksilber reihen sich theils ihrer Zusammensetzung, theils ihrer außerordentlichen Explosivität wegen die aus Silber und Gold darzustellenden Knallpräparate eng an. Dieselben haben zwar in der Technik nur eine höchst untergeordnete Bedeutung gewonnen; eine Beschreibung ihrer Bereitung und Verwendung möge dennoch hier anhangsweise Platz finden.

Die dem Knallquecksilber analoge Verbindung $C_2 Ag_2 N_2 O_2 = C(NO_2)(CN) Ag_2$ wird gewöhnlich Brugnatelli's (oder Howard's) Knallsilber genannt. Gay-Lussac und Liebig fügten die Lösung von 1 Thl. Silber in 20 Thln. Salpetersäure (specif. Gew. 1,36 bis 1,38) zu 27 Thln. 85- bis 90procentigem Alkohol; in die bis zum Sieden erwärmte Mischung läßt man dann noch 27 Thle. Alkohol einfließen und dieselbe ruhig erkalten. Man kann auch durch Einleiten von salpetriger Säure (aus Stärkemehl und Salpetersäure darzustellen) in eine alkoholische Lösung von Silbernitrat Knallsilber erhalten, endlich durch Kochen von Knallquecksilber mit Wasser, Silber- und Platinfeile.

Das höchst giftige Knallsilber scheidet sich in weißen seideglänzenden, undurchsichtigen Nadeln ab, welche in kaltem Wasser wenig, leichter in heißem Wasser löslich sind (1 Thl. Knallsilber erfordert 36 Thle. kochenden Wassers). Die

[1]) cf. S. 34.

Digitized by Google

Krystalle werden auf ein Filter gebracht und so lange mit kaltem Wasser gewaschen, bis dieses nicht mehr sauer reagirt. Das Filter wird, noch naß, in Streifen zerrissen, und diese auf Filtrirpapier zum Trocknen an einen lauwarmen Ort gelegt. Das getrocknete Präparat wird in kleinen Partien in Pappschachteln aufbewahrt.

Wegen der außerordentlichen Explosivität desselben, welche die des Knallquecksilbers übertrifft, ist die peinlichste Vorsicht bei der Bereitung, namentlich beim Filtriren und Trocknen nothwendig. Die erforderlichen Maßregeln ergeben sich aus den Eigenschaften des Präparates. Da dasselbe durch einen schwachen Stoß zwischen zwei harten Körpern, selbst unter Wasser, explodirt, so bedient man sich zum Umrühren statt der Glasstäbe solcher von Holz. Das getrocknete Product darf nur mit Kartenblättern aufgenommen werden, und wenn es zerrieben werden soll, mit den Fingern oder mit Korkstopfen in Porcellanmörsern behandelt werden (stets in kleinen Quantitäten). Für Wärme ist dasselbe nicht so empfindlich wie z. B. Knallanilin [1]); man kann das Knallsilber auf 130° erhitzen, ohne daß Explosion erfolgt. Durch einen brennenden Körper detonirt dasselbe mit heftigem, durchdringendem Knalle. Auch durch concentrirte Schwefelsäure, sowie in Chlorgas tritt Explosion ein. Im luftverdünnten Raume werden die explosiven Eigenschaften des Knallsilbers (nach Heeren) erheblich abgeschwächt; es findet nur Verbrennung mit Feuererscheinung statt.

An eine Anwendung des Knallsilbers zu Percussionszündungen ist wegen einer Empfindlichkeit gegen jede Reibung nicht zu denken; nur zu kleineren Spielereien ist dasselbe benutzt worden. In Knallbonbons z. B. ist eine geringe Menge Knallsilber an einem Pergamentstreifen angebracht, auf dem ein anderer mit einer rauhen Fläche befestigt ist; durch die beim Auseinanderziehen bewirkte Reibung erfolgt Explosion. Knallerbsen enthalten Glasperlen, an denen Knallsilber mit Löschpapier umwunden angebracht ist. Auch zu Knallfidibus ist dasselbe verwendet worden.

Ein anderes Präparat, welches die Bezeichnung Berthollet's Knallsilber führt, explodirt schon bei dem leisesten Drucke; eine Anwendung ist deshalb geradezu unmöglich. Dasselbe wird erhalten, wenn man frisch gefälltes Silberoxyd 24 Stunden lang mit einem Ueberschuß von concentrirter Ammoniakflüssigkeit stehen läßt. Das entstandene schwarze Pulver wird vorsichtig mit Fließpapier getrocknet.

Das sogenannte Knallgold ist eine entsprechende, auf dieselbe Weise zu erhaltende Verbindung, welche ebenfalls durch ihre stark explosiven Eigenschaften ausgezeichnet ist. Ueber die chemische Constitution beider Knallpräparate herrschen noch Zweifel.

---

[1]) cf. S. 51.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Zündhütchenfabrikation und Feuerwerkerei.

Die Eigenschaft des Knallquecksilbers, durch Stoß und Schlag leicht und sicher zu explodiren, führte bald nach seiner Entdeckung zu Versuchen, dasselbe zu Percussionszündungen zu verwenden. In kurzer Zeit erreichte die Zündhütchenfabrikation eine bedeutende Höhe. Jedoch legten die vielen durch Explosionen herbeigeführten Unfälle den Wunsch nahe, passende Surrogate für das Knallquecksilber ausfindig zu machen. Wenn auch solche nur in beschränktem Maße an Stelle des letzteren zur Anwendung gelangten, so ist doch ihre Bedeutung, namentlich für die Kriegsfeuerwerkerei, nicht zu unterschätzen.

Das erste Capitel dieses Abschnittes wird sich mit Zündhütchenfabrikation und den sonst üblichen Percussions- und Frictionszündungen befassen. Die zum Entzünden von Ladungen und Feuerwerksstücken aller Art dienenden Gemenge, welche mehr oder weniger in ihrer Zusammensetzung sich dem Schießpulver nähern und insbesondere einen hohen militärischen Werth haben, sind dem zweiten Capitel vorbehalten, während in dem dritten die Bereitung und Verwendung der wichtigsten Feuerwerkssätze besprochen werden sollen.

Erstes Capitel.

Percussions- und Frictionszündungen.

Zündhütchenfabrikation.

Im Jahre 1816 etwa wurde zuerst das Knallquecksilber mit Wachs oder alkoholischer Benzoetinctur vermengt als Zündkraut benutzt. Mehrere Explosionen

Digitized by Google

mit tödtlichem Ausgange bezeichnen den Entwicklungsgang des mehr und mehr sich ausdehnenden jungen Industriezweiges. Im Jahre 1819 kamen zuerst die kupfernen Zündhütchen in Aufnahme, mit ihnen ein neuer Aufschwung in die Fabrikation. Die große Gefahr, welche die Gesundheit und das Leben der Arbeiter und auch der nächsten Umgebung bedrohte, veranlaßte einige Regierungen, bestimmte Vorschriften über Anlage und Einrichtung der Knallpulverfabriken zu erlassen resp. zu empfehlen. Diese Bestimmungen enthielten wesentlich folgende Punkte: Die Fabriken sollen fern von bewohnten Orten angelegt sein, die einzelnen Arbeiten müssen in verschiedenen, von einander getrennten Localen vorgenommen werden; der Boden der Arbeitsräume ist am zweckmäßigsten aus Gyps zu bauen oder mit Bleiplatten zu belegen. Feuer darf nicht geduldet werden, Heizung ist, wenn überhaupt, nur mit Wasserdampf gestattet. Kein Arbeiter soll unter 18 Jahre alt sein. Ehe die Anlage begonnen wird, ist ein genauer Plan über die inneren Einrichtungen vorzulegen, von dem nach seiner Genehmigung nicht abgewichen werden soll. Endlich ist die Polizei berechtigt, die Fabrik zu besichtigen, um sich zu überzeugen, ob jeder Gefahr möglichst vorgebeugt ist.

Im Laufe der Jahre ist die Fabrikation durch Vervollkommnung der zu den gefährlichen Arbeiten dienenden Maschinen weitaus sicherer geworden; dennoch ist die Beobachtung der oben angeführten Vorsichtsmaßregeln wünschenswerth.

Die Zündhütchenfabrikation setzt sich aus folgenden einzelnen Operationen zusammen: Der Darstellung des Knallquecksilbers, Anfertigung der Kupferhütchen, Bereitung des Zündsatzes, dem Körnen desselben, dem Laden und Fertigmachen der Hütchen.

Ueber die Darstellung des Knallquecksilbers ist im letzten Capitel des zweiten Abschnittes, S. 82 bis 86, das Nöthige mitgetheilt.

Anfertigung der Hütchen.

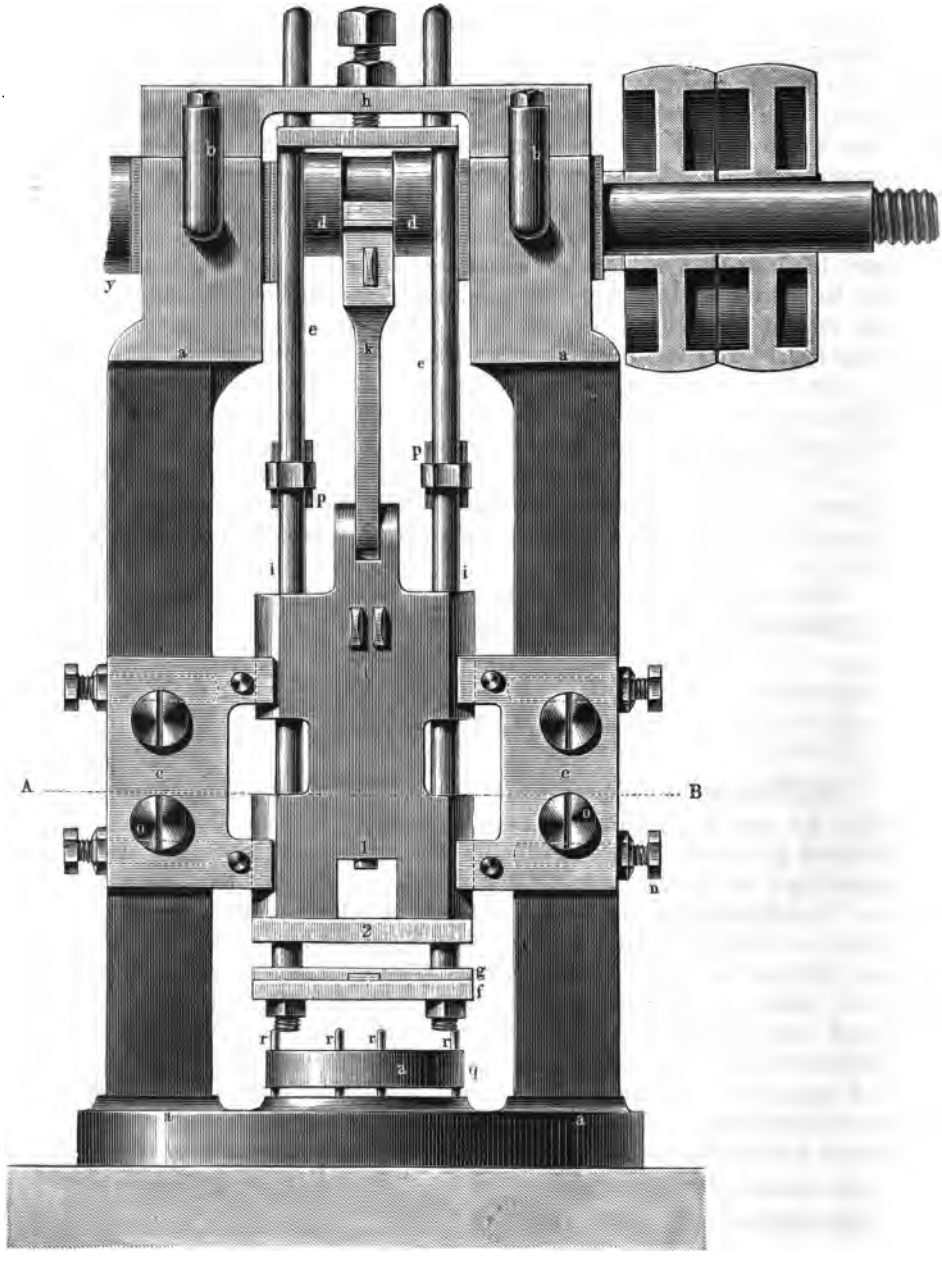
Als Material für die Hütchen dient jetzt ausschließlich dünnes Kupferblech; früher hat man auch dasselbe versilbert angewendet. Versuche, Tomback oder Eisenblech zu benutzen, hatten kein günstiges Resultat. Auf die Herstellung eines geschmeidigen und glatten Kupferbleches muß die größte Sorgfalt verwendet werden. Diese Eigenschaften besitzt das reine Kupfer in vollendetster Weise. Auf den Hütten am Ural [1]) wird das sogenannte Zehentkupfer, welches noch Eisen, Mangan, Wolfram und andere Metalle enthält, geschmolzen und durch einen Luftstrom, welcher zunächst diese Metalle oxydirt und verschlackt, gereinigt. Der Proceß wird erst dann beendigt, wenn eine herausgenommene Probe sich durch Biegsamkeit und rosenrothes Aussehen des unebenen Bruches als rein erweist. Das ausgegossene Kupfer wird sodann, unter wiederholtem Ausglühen zu Blech von 0,26 bis 0,4 mm Dicke gewalzt. Bei der Prüfung desselben muß es nicht nur die gehörigen Dimensionen und das verlangte Gewicht besitzen, sondern auch

[1]) Dingler, polyt. Journ. **164**, 94 ff.

Digitized by Google

mehrmaliges starkes Biegen und Bearbeiten ohne zu brechen aushalten. Die Oberfläche muß eben und frei von Schnitten, Falten und Sprüngen sein.

Fig. 12.



Digitized by Google

Die häufig gebrauchten gespaltenen [1]) Hütchen werden dadurch erhalten, daß das Blech zu sechs- (oder vier-) strahligen Sternen ausgeschnitten wird, welche durch ein rundes Loch vermittelst eines Stempels geschoben werden. Die lappenförmigen Ausläufer des Sternes biegen sich auf und schließen so fest an einander an, daß sie selbst beim Entzünden des Hütchens nicht aufgetrieben werden. Sie sollen sich jedoch leichter vom Piston entfernen lassen, als die aus einem Stücke gefertigten Hütchen.

Diese letzteren werden mit Maschinen hergestellt, welche Blechscheiben durch ein Stoßwerk ausschneiden und sodann zu Hütchen gestalten. Die cylindrische Form ist die allein übliche; die Hütchen werden entweder glatt oder gerieft; zuweilen wird der untere Rand umgebogen (früher in Bayern), damit man im Dunkeln sofort die offene Seite fühle.

Eine Maschine, welche hohe Leistungsfähigkeit mit einfacher Construction verbindet und welche die bei früher gebräuchlichen (Pariser) Maschinen häufigen Mängel beseitigt hat, auch bequem zur Anfertigung von Hütchen verschiedener Größe zu brauchen ist, hat Josten erfunden und beschrieben [2]). Die Figuren 12 bis 24, welche die ganze Maschine und ihre einzelnen Theile darstellen, sollen den Gang derselben erläutern.

Fig. 12 zeigt die Vorderansicht, Fig. 13 den Querschnitt der Maschine nach der Linie *AB*; die folgenden Abbildungen stellen einzelne Partien

Fig. 13.

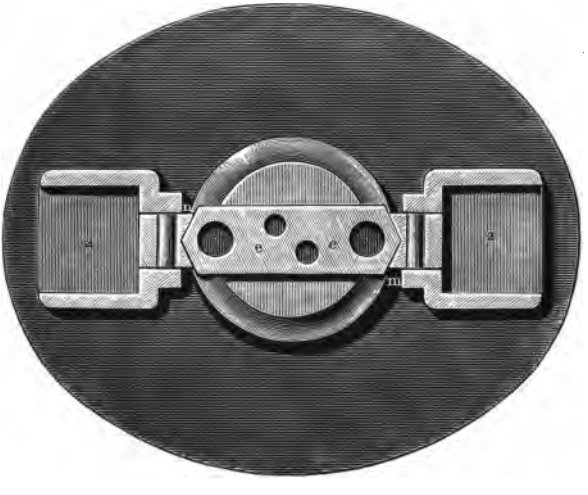


Fig. 14.

dar: Fig. 14 die Achse *dd* mit dem Krummzapfen und den Excentricas, Fig. 15 (a. f. S.) den Längendurchschnitt eines gewöhnlichen Flötenhalters, 16 die obere Ansicht desselben, die Figuren 17 und 18 die entsprechenden Ansichten des von

[1]) Ueber Anfertigung der zum Ausschneiden dienenden sogenannten Sternflöten zur Herstellung gespaltener und gestreifter Hütchen, siehe Dingler, polyt. Journ. **141**, 161 (Josten). — [2]) Dingler, polyt. Journ. **139**, 102 ff.

Digitized by Google

Josten verbesserten Flötenhalters, Fig. 19 eine gewöhnliche, Fig. 20 eine verbesserte Flöte, Fig. 21 Anordnung zur Befestigung der Stifte und Stiftmuttern, Fig. 22 die obere Ansicht der Stiftmutterplatte *a*; die Figuren 23 und 24

Fig 16.

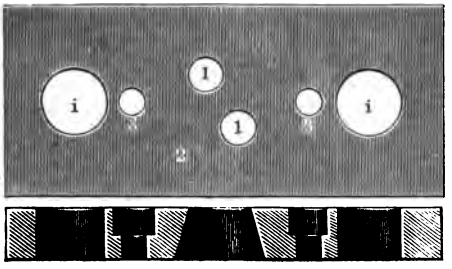


Fig. 15.

Fig. 17.

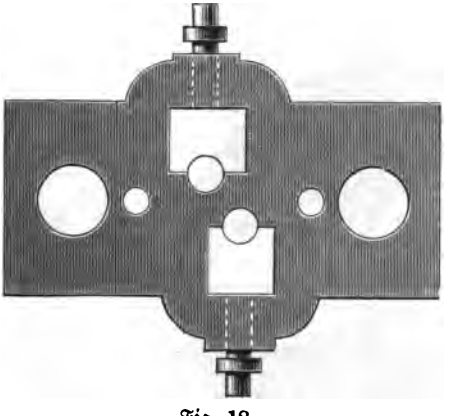


Fig. 18.

Fig. 23.

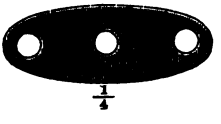
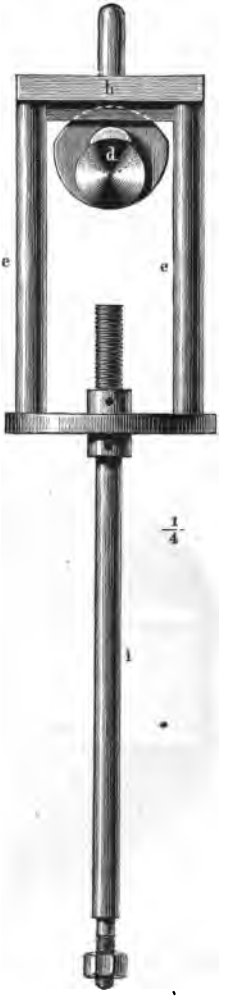


Fig. 24.



zeigen die Verbindung der Seitenstange *ee* und *i*. Die Figuren 12, 13, 14, 23 und 24 sind in 1/4, die Figuren 15, 16, 17 und 18 in 1/2 der wirklichen Größe, die übrigen sind in natürlicher Größe gezeichnet.

Digitized by Google

In dem aus einem Stücke gegossenen Gestelle *aaaa* bewegt sich in Lagern von gutem Rothguß die mit einem Schwungrade [1]) und zwei Riemenscheiben

Fig. 19.

Fig. 20.

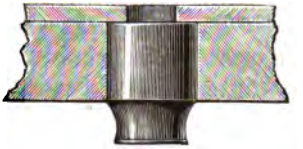


Fig. 21.

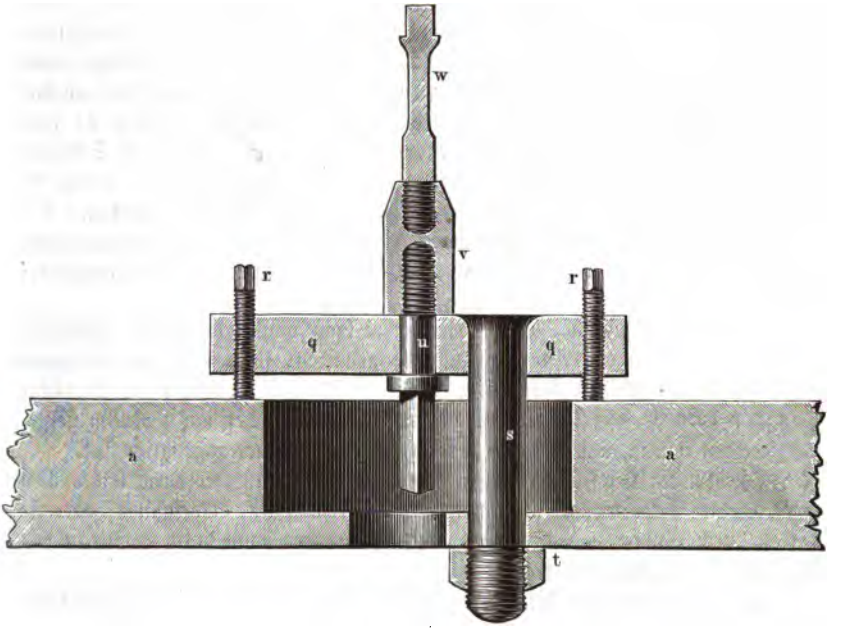
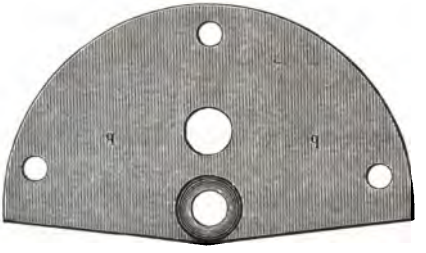


Fig. 22.



versehene Achse *dd*, an die auch eine Handhabe geschraubt werden kann. Das Querstück *b* dient als Lagerdeckel und erhöht zugleich die Festigkeit des Ganzen. Die Mitte der Achse bildet einen Krummzapfen, durch dessen Drehung die Zugstange *k* und mit ihr das Prisma *l*, welchem *m* (Fig. 13) zur Führung dient,

[1]) Das Schwungrad ist in der Abbildung weggelassen.

Digitized by Google

auf- und abwärts bewegt wird. Zu beiden Seiten des Krummzapfens hat die Achse die Form von zwei excentrischen Scheiben, durch deren Rotation die Stahlstangen *e e*, an welchen die unteren Stahlstangen *i i* festgeschraubt sind, auf- und niedergeführt werden. Die nähere Einrichtung ist aus Fig. 23 und 24 ersichtlich; letztere zeigt die Stangen von einem Achsenende aus gesehen, Fig. 23 das Querstück des Rahmens. In der mittleren Oeffnung kann die Stange *i* mittelst zweier Muttern in beliebiger Höhe festgestellt werden. Mit dieser Vorrichtung ist die Schneideplatte *f* (nebst ihrem Obertheile *g*) fest verbunden und wird bei der Umdrehung der Achse zeitweise stillstehend erhalten, sodann aber gehoben. Während des Stillstandes wird das Blech zu Scheiben ausgeschnitten, während der abwärts gerichteten Bewegung die Kapsel formirt. Die Theile, welchen die Ausführung dieser Operation obliegt, sind die Flöten (Hohlstempel) und Stifte. Die Flöten (Fig. 20) werden in den Flötenhaltern (2, Fig. 12, 17 und 18) befestigt, welche von gut gehärtetem Gußstahl mittelst zweier Schrauben (3, 3, Fig. 16) an das Prisma angeschraubt sind. Die Stifte werden so angebracht, wie Fig. 21 zeigt (*q* Stiftmutterplatte, *r r* Stellschrauben, *t* zur Befestigung von *q*, *u* Schraube zur Feststellung der Stiftmutter *v*, welche den Stift *w* aufnimmt). Durch die Stellschrauben *r r* kann die Platte in beliebiger Höhe festgestellt werden. Die fertigen gepreßten Hütchen können durch eine über dem Flötenhalter angebrachte Oeffnung entweichen, welche zugleich dem Arbeiter Einblick in das Innere der Maschine gestattet.

Eine solche Maschine, welche zwei Jahre lang ununterbrochen in Thätigkeit war, wurde noch in vortrefflichem Zustande gefunden; sie lieferte, von der Hand getrieben, täglich 90 000 Kapseln. Besondere Vortheile gewährt die Maschine Josten's dadurch, daß die größten wie die kleinsten Hütchen auf derselben hergestellt werden können, und daß alle ihre Theile dem Arbeiter zugänglich sind.

Die fertigen Kapseln werden stets noch gereinigt, entweder durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure und nachheriges Trocknen in Sägespänen, oder sie werden durch Umdrehen in Seifenwasser gescheuert und dann durch Schütteln mit Sägespänen getrocknet und polirt.

Wohl überall werden die so behandelten Hütchen direct mit dem Zündpulver geladen. Hier sei jedoch das Verfahren von J. und J. D. Horraks erwähnt, welche das Innere der Kapsel mit Guttapercha füttern, indem sie dieselbe erwärmt in die Hütchen bringen und durch einen Stempel ausbreiten. Die elastische Schicht soll die Hütchen für Pistons verschiedener Größe passend machen und luftdichten Verschluß bewirken.

Bereitung des Zündsatzes (oder Zünd- auch Knallpulvers).

Um eine wirksame Zündhütchenfüllung zu erhalten, ist nur eine sehr geringe Menge Knallquecksilber nöthig. Jedoch muß dieselbe mit anderen Substanzen resp. Gemengen vermischt werden, damit die Entzündung der Pulverladung gesichert sei (vergl. S. 86). Diese Zusätze sind entweder Kalisalpeter allein oder eine Mischung von diesem mit Schwefel (selten mit Kohle) oder am häufigsten

Digitized by Google

Mehlpulver. Zuweilen wird dem Salpeter noch chlorsaures Kali zur Erhöhung der Wirksamkeit zugefügt.

In allen Fällen geschieht die Mengung des Knallqueckſilbers mit den genannten Zusätzen in feuchtem Zustande, und zwar rührt man in der Regel die letzteren mit Wasser (auch schwaches Gummiwasser ist beliebt) auf einer polirten Marmortafel mit Reibern oder Walzen aus hartem Holze (meist von Buchsbaum) zu einem Brei an, und fügt allmählich die bestimmte Quantität feuchten Knallqueckſilbers hinzu, indem man für gleichmäßige Vertheilung sorgt. Die Menge des Wassers wird so gewählt, daß sie etwa 30 Proc. des Knallqueckſilbers beträgt.

Wird nur Kalisalpeter als Zusatz angewendet, so werden nach einer Vorschrift auf 100 Thle. Knallqueckſilber 50 Thle., nach einer älteren $33\frac{1}{3}$ Thle. des ersteren genommen; auch eine Mischung von 60 Thln. Salpeter mit 100 Thln. Knallqueckſilber war zeitweise beliebt. Für ein Gemenge von Salpeter und Schwefel sind folgende Verhältnisse [1]) vorgeschrieben worden:

Knallqueckſilber	100	109	100
Salpeter	62,5	117	45,5
Schwefel	29	23	14,5

Für den Fall, daß Mehlpulver als Zusatz dient, hat sich als günstigstes Verhältniß ergeben: 100 Thle. Knallqueckſilber, 60 Thle. Mehlpulver.

In früherer Zeit hielt man für gut die Mengung des Knallqueckſilbers mit Salpeter, Schwefel oder Pulver in einer weingeistigen Harzlösung vorzunehmen (Schellack- oder Benzoeharztinctur); jetzt ist das Verfahren, das Zündpulver mit Wasser anzurühren fast allgemein üblich, auch beinahe ohne Gefahr.

Körnen des Zündsatzes.

Mit bei weitem größerer Gefahr ist die Operation des **Körnens** verbunden; dasselbe ist nöthig, um die einzelnen Ladungen für die Hütchen herzustellen. Da mit der Trockenheit der Zündmasse die Empfindlichkeit gegen Reibung erheblich zunimmt, diese aber beim Körnen nicht ganz zu vermeiden ist, da ferner auch der Satz nicht allzu feucht sein darf, muß mit der größten Vorsicht operirt werden. Das Arbeitslocal ist von den übrigen getrennt; sein Fußboden besteht am besten aus Bleiplatten, seine Wände aus glattem Holztafelwerk. Jedesmal werden nur kleine Quantitäten des Zündsatzes in Arbeit genommen und zwar auf einem Tische, welcher mit glattem Wollzeuge überzogen und noch mit schwarzem Wachstuche bedeckt ist. Zum Körnen dienen Haarsiebe, welche unten durch eine Bleiplatte abgeschlossen sind und durch welche die Zündmasse gepreßt wird. Nach jeder Operation soll das Sieb durch Wasser oder besser durch sehr verdünnte Schwefelsäure gezogen werden.

Nachdem die gekörnte Masse in mit Stanniol gefütterten und mit einem Bleideckel verschlossenen Büchsen geschüttelt worden ist, um den Körnern einen festeren

[1]) Vergl. **Dingler**, polyt. Journ. **61**, 195 ff., ferner Archiv f. d. Officiere der preuß. Art. **7**, 176 ff.

Digitized by Google

Zusammenhang zu geben, werden diese auf Papier in Holzkästen ausgebreitet, um auf Gestellen (von weichem Holze), welche sich um einen Trockenofen befinden, bei gelinder Wärme getrocknet zu werden. Die Körner werden schließlich durch feine Siebe vom Staub [1]) getrennt und durch Papiertrichter in Büchsen mit lackirtem Pappendeckel oder in Flaschen, welche mit Leder umgeben sind, gefüllt, um vorläufig aufbewahrt zu werden. Das Papier, auf dem die Zündmasse zum Trocknen ausgebreitet war, wird zur Verhütung von späteren Explosionen in verdünnte Salzsäure geworfen.

Laden der Hütchen.

Die Zündmasse ist nun fertig, um in die Kupferhütchen eingefüllt zu werden. Diese Operation, das Laden, wird ebenfalls in Räumen ausgeführt, in welchen jede Reibungsursache möglichst vermieden ist, welche also dieselbe Einrichtung, wie die, in denen das Körnen vorgenommen wurde, besitzen. Nach den früheren Füllmethoden ist das Laden eine für die damit beschäftigten Arbeiter gefährliche Manipulation. Zu derselben sind zwei Instrumente nöthig, die sogenannte Hand, eine zur Aufnahme der Kapseln dienende durchlöcherte Kupferplatte, und der Trichter, welcher aus drei beweglichen Theilen besteht, nämlich einem oberen Behälter, welcher mit der gekörnten Masse beschickt wird, der Schüttmaschine, welche sich aus zwei über einander zu verschiebenden Kupferplatten zusammensetzt, die mit Löchern versehen sind, endlich dem Stifthalter, einer ebenfalls durchlöcherten stärkeren Kupferplatte, welche nach außen Stifte, zum Eindrücken der Zündmasse in die Hütchen, trägt.

Neuere Lademaschinen sind so beschaffen, daß die Füllung nicht direct durch die Hand des Arbeiters geschieht, so daß derselbe bei einer etwaigen Explosion geschützt ist. Die von Josten [2]) construirte Maschine beruht im Princip auf dem alten Lademodus. Der Erfinder hat die einmal vorhandenen, früher gebräuchlichen Instrumente, Trichter und Hand, beibehalten wollen, daher seine Maschine denselben möglichst angepaßt. Dieselbe ist in verschiedener Ansicht und einzelnen Theilen durch die Figuren 25 bis 31 dargestellt. Fig. 25 zeigt die Seitenansicht, Fig. 26 den Längendurchschnitt der eigentlichen Lademaschine, Fig. 27 die Vorderansicht vom Mantel *b* aus, Fig. 28 den Querschnitt nach der Linie *AB* (Fig. 25), Fig. 29 die Ansicht von oben, Fig. 30a den Querschnitt des Ladeschiebers *l* vor, Fig. 30b denselben nach seiner Bohrung, Fig. 31a den Längendurchschnitt des Bodens der Lademaschine vor, Fig. 31b denselben nach seiner Bohrung. Fig. 30 und Fig. 31 sind in natürlicher Größe, die übrigen in 1/4 der wirklichen Größe gezeichnet.

Die Maschine steht in dem sogenannten Füllraum, der Arbeiter hinter einem schmiedeeisernen Mantel *b*, welcher 1,6 cm stark, 1,6 m hoch und 0,85 m breit,

---

[1]) Der abfallende Staub wird aufgehoben, um der Zündmasse, falls sie zu feucht sein sollte, vor dem Körnen zugesetzt zu werden. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **138**, 338.

Digitized by Google

genügenden Schutz gewährt. Derselbe ist (Fig. 29) ein wenig gebogen und mit

Fig. 26.

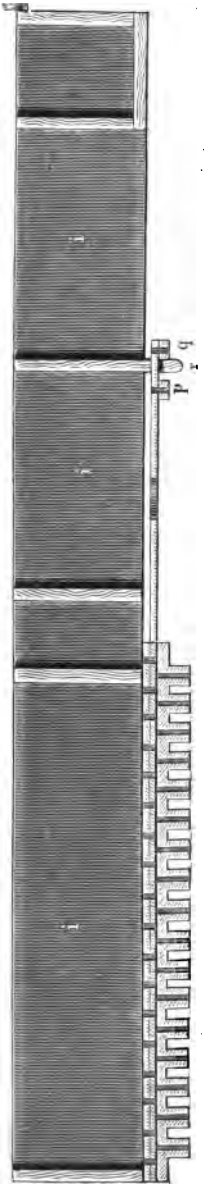


Fig. 27.

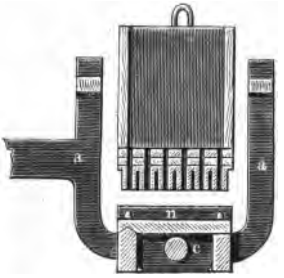


Fig. 28.

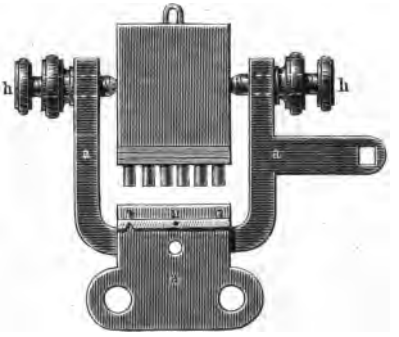


Fig. 30.

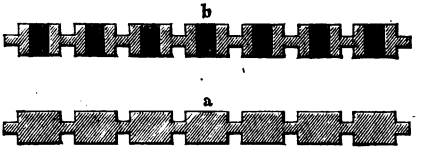


Fig. 31.

dem Maschinengestell *a* durch die Schrauben *e e* fest verbunden. Durch eine

Digitized by Google

Fig. 25.

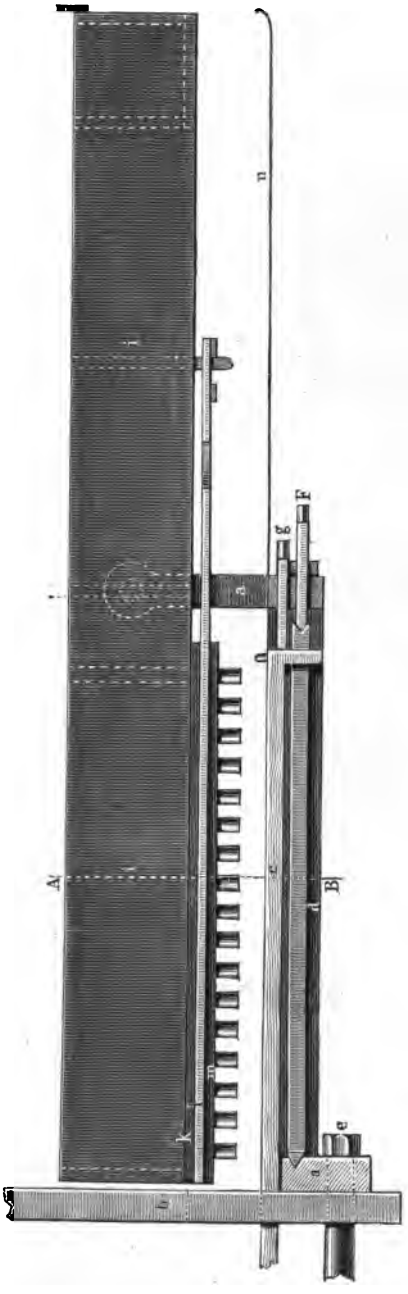


Fig. 29.

Digitized by Google

passende Oeffnung des Mantels bewegt sich der Schieber *c* (von Messing), auf welchen die mit leeren Hütchen gefüllte Ladeform (die Hand) zu liegen kommt. Dem Schieber dient die kleine Gußstahlstange *d* als Führung; seinem Lauf wird durch die Stellschraube *g* ein Ziel gesetzt. Zum Festhalten der Ladeform enthält dieselbe Löcher, welchen am Schieber befestigte Stifte correspondiren. Damit beim Wechseln der Ladeform nicht Körnchen der Zündmasse herabfallen, ist das Schutzblech *n* angebracht (Fig. 27 u. 28).

An dem anderen Ende des Gestelles *a* befinden sich die Stellschrauben *h h* (Fig. 28 u. 29), in deren Spitzen sich die eigentliche Lademaschine auf- und abbewegen kann gleich einem Balancier. Dieselbe erfordert eine besonders sorgfältige Construction. Je leichter sie gearbeitet ist, ohne daß sie an Festigkeit einbüßt, desto weniger zerstörend sind etwaige Explosionen. Der Rahmen *i i*, aus feinfaserigem Holze gearbeitet, ist in mehrere Fächer getheilt; der nach dem Mantel *b* hin liegende Theil ist der Fülltrog, dessen Boden eine dünne Messingplatte *k* (Fig. 25 u. 29) ist, Fig. 26 zeigt den Boden der früheren Maschine, Fig. 31b den von Josten verbesserten. Unter dem Boden bewegt sich mittelst der Zugstange *o* der Ladeschieber *l* (Fig. 30b, 29), dessen reibende Flächen auf ein möglichst geringes Maß gebracht sind; ebenso ist der Boden derart construirt, daß die Reibung sehr gering ist. Unterhalb des Ladeschiebers liegt die Röhrenplatte *m*. Durch die Vorsprünge *p* und *q* (Fig. 26) werden die beiden Hauptstellungen von *l* bestimmt; steht *q* an *r*, so ist keine Communication mit *m*, steht dagegen *p* an *r*, so fällt das Zündpulver durch Höhlungen in die Hütchen.

Durch ein am anderen Ende des Rahmens *i* angebrachtes Gewicht oder eine ebendaselbst wirkende Kautschukfeder hat die Maschine das Bestreben, von der Ladeform sich abzuheben. Diesem Drucke kann der Arbeiter durch Anziehen einer über eine Rolle geführten Schnur entgegenwirken und so nach Belieben die Maschine niederdrücken. Zu einer einmaligen Füllung schiebt der Arbeiter mit der einen Hand den Schieber *d* nebst der Ladeform ein, drückt mit dem Fuße die Lademaschine nieder und füllt durch Bewegung der Zugstange *o* mit der anderen Hand die Kapseln.

Durch Construction dieser Lademaschine sind mehrere wichtige Aufgaben gelöst; einmal ist die Reibung, die Hauptursache so vieler trauriger Unfälle, durch sinnreiche Einrichtung einzelner Maschinentheile auf ein geringes Maß beschränkt; sodann ist der Arbeiter, wenn einmal eine Explosion eintreten sollte, hinlänglich geschützt. Endlich sind die Verrichtungen der Maschine mit Leichtigkeit und Präcision in kurzer Zeit auszuführen.

Um die Zündmasse in den Kapseln festzuhalten und zugleich gegen atmosphärische Einflüsse zu sichern, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Die jetzt gebräuchlichste Methode besteht darin, mittelst eines Stempels ein Kupfer- (oder Tomback-)blättchen auf das Zündkorn zu pressen. Eine Maschine von vortrefflicher Leistungsfähigkeit hat ebenfalls Josten[1]) construirt. Die Einrichtung derselben soll durch Fig. 32 (a. f. S.), welche den Längendurchschnitt, und Fig. 33 (a. S. 101), welche die obere Ansicht beider Maschinen in 1/4 der

[1]) Dingler polyt. Journ. **13**, 14 ff.

Digitized by Google

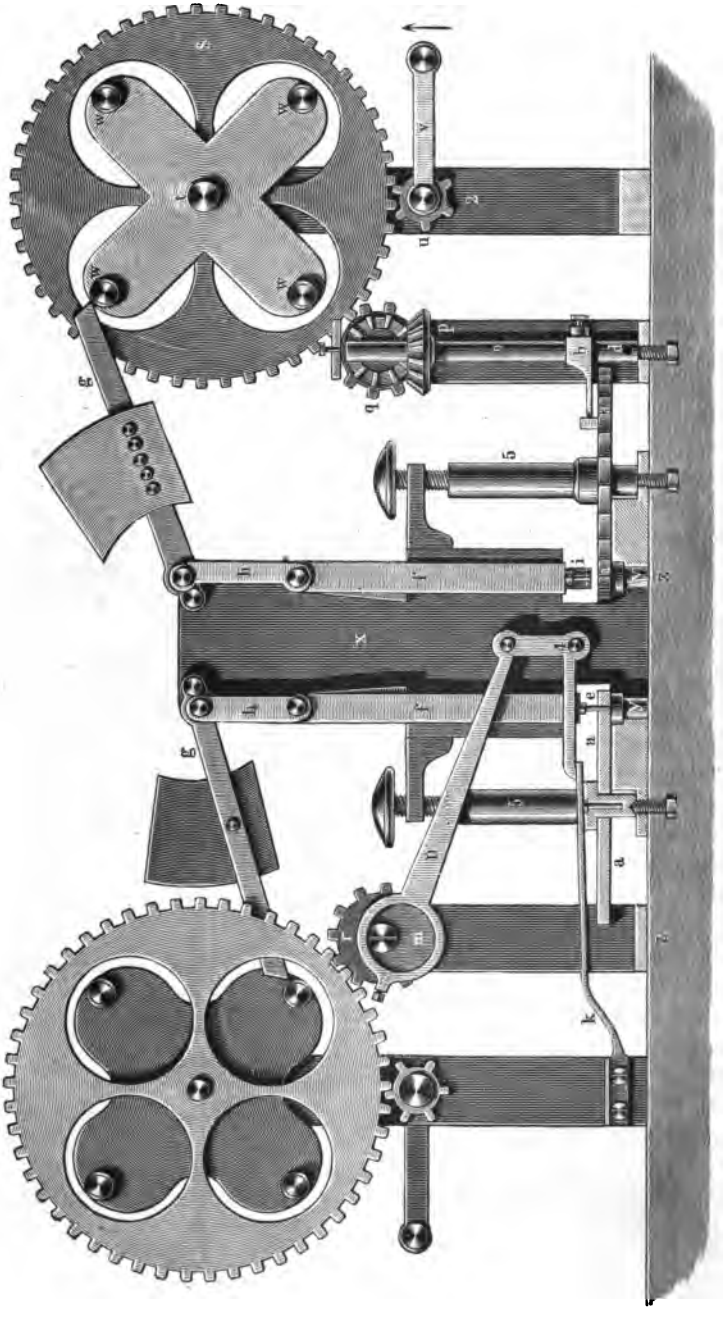


Fig. 32.

Digitized by Google

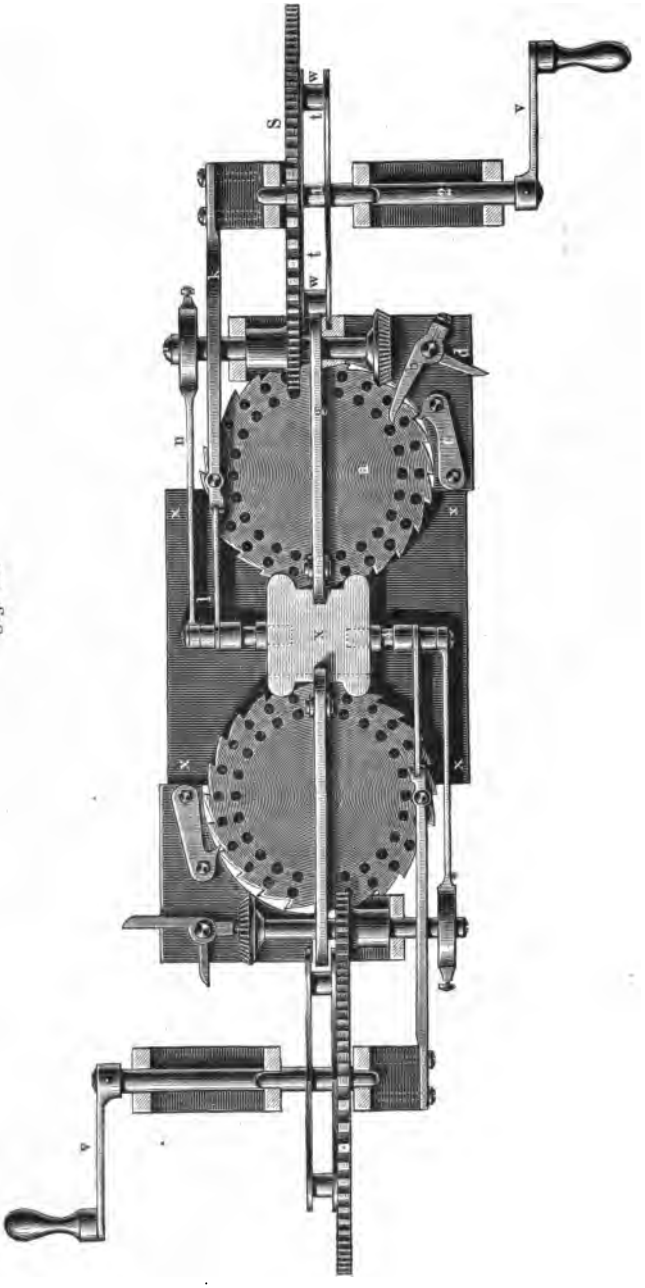


Fig. 33.

Digitized by Google

natürlichen Größe darstellt, erläutert werden. An dem gußeisernen Stücke *x*, welches auf der Platte *z* ruht, sind zwei Maschinen symmetrisch befestigt; an jeder arbeitet eine Person. Die Messingscheibe *a*, zur Aufnahme der Hütchen dienend, ist mit einer stählernen Spindel *5* fest verbunden und muß sehr genau gearbeitet sein. Ihr Rand ist in 24 Theile getheilt, in welche der Sperrhaken *c* eingreift, welcher durch eine Feder stets angedrückt wird. Auf der Fläche der Scheibe sind in den Peripherien zweier concentrischer Kreise 24 Löcher in gleichen Abständen gebohrt; in die zum kleineren Kreise gehörenden werden Stifte fest eingeschraubt, gegen welche der Daumen *b* schlägt, welcher die Bewegung der Scheibe bewirkt. Die in dem Umfange des größeren Kreises befindlichen Vertiefungen nehmen die geladenen Kapseln auf.

Der Arbeiter dreht mit der Rechten die Kurbel *v* und füllt mit der linken Hand die passirenden Löcher. Gleichzeitig überträgt sich die Bewegung des Getriebes *u* auf das große Stirnrad *S* und auf den mit diesem durch die Achse *1* verbundenen Haspel *t*, welcher mit seinen Armen (die die Frictionsrollen *w, w, w, w* tragen) den Hebel *g* so hoch heben, daß der Preßstift *e*, welcher am Cylinder *f* sitzt und durch das Charnier *h* mit *g* communicirt, aus einer Vertiefung von *a* gehoben wird; an dem Hebel wirkt ein in den Figuren weggelassenes Gewicht. Gleichzeitig bringt das Stirnrad eine Drehung der an der Achse *3* befestigten Theile: nämlich des Stirnrades *r*, des Excentricums *m* und des konischen Rades *q* hervor; letzteres überträgt die Bewegung auf das ebenfalls konische Rad *p*, welches an der Spindel *o* sitzt. Dadurch werden auch die Daumen *d* und *b* in eine kreisförmige Bewegung versetzt; *b* dreht die Scheibe *a*, sobald *e* hoch genug gehoben ist, während *d* den Sperrhaken hebt. Die Scheibe steht fest, wenn *b* am folgenden Stifte angelangt ist; *e* befindet sich über der folgenden Vertiefung; gleichzeitig hat der Hebel *g* seinen höchsten Stand erreicht; im nächsten Moment losgelöst, fällt er mit seinem ganzen Gewichte in die tiefste Stellung, mit ihm der Preßstift in das vorgerichtete Zündhütchen, welches durch den Druck zugleich mit dem auf dem kleinen Ambos *y* befindlichen Fabrikzeichen versehen wird. Während jetzt die Scheibe feststeht, wird durch das Excentricum *m* der Winkelhebel *l* in Bewegung gesetzt, welcher auf eine Feder mit dünnem Stifte drückt. Dieser letztere schafft das etwa in der Scheibe sitzen gebliebene Hütchen in einen untergestellten Behälter. Der Abstreifer *i* verhindert, daß eine Kapsel am Stifte *e* hängen bleibt.

Die eben beschriebene Maschine zeichnet sich durch die Leichtigkeit, mit der sie in Bewegung gesetzt werden kann, durch die Gefahrlosigkeit ihrer Handhabung und durch ihre Leistungsfähigkeit aus. Täglich können 30 000 Zündhütchen mit Metalldecke versehen werden. Da die einzelnen Kapseln vollkommen abgeschlossen sind, ist an eine Explosion in Masse nicht zu denken.

In früherer Zeit zog man vor, die Zündmasse mit Harzlösungen anzurühren, welche zugleich als Bindemittel und zum Schutze gegen Feuchtigkeit dienen sollten. Die zuweilen benutzte Auflösung von Schellack oder Sandarak in Alkohol wirkt oxydirend auf Kupfer ein; die Zersetzung theilt sich häufig dem Zündpulver mit. Besser hat sich eine Lösung von Mastix in Terpentinöl bewährt.

Das Gewicht der Zündmasse für ein Hütchen beträgt durchschnittlich 15 bis 16 mg; Zündhütchen für Militärgewehre erhalten eine stärkere, solche für Jagd-

Digitized by Google

gewehre eine schwächere Ladung. Nach österreichischen Ermittelungen genügt ein halbes Kg Knallquecksilber, um 32 000 Militär- oder 59 000 Jagdzündhütchen zu füllen; nach anderen Angaben liegen die Ladungen beider Sorten näher zusammen; die resp. Zahlen sind 40 000 und 57 000.

Die Production ist eine ganz bedeutende; im Jahre 1835 wurden z. B. in Frankreich 800 Millionen Stück Zündhütchen fabricirt, von denen 300 bis 400 Millionen ins Ausland gingen.

Die fertigen Zündhütchen werden in Tüten oder Schachteln, diese in Kisten, welche mit Fellen, Tuch oder Leder ausgeschlagen sind, aufbewahrt; die Zwischenräume werden mit Seegras, Papierabfällen ꝛc. ausgefüllt. Militärischerseits ist vorgeschrieben, daß in einer Kiste nicht mehr als 300 000 Stück verpackt seien. Aufbewahrung an einem trocknen Orte ist unbedingt nöthig. Wird nämlich die Zündmasse in den Hütchen feucht, so tritt das Knallquecksilber krystallinisch aus, es effloreſcirt und ist dann besonders geneigt, durch leise Erschütterungen zu explodiren.

Der Anwendung des Knallquecksilbers in Pillen zu Granat- und Shrapnellzündern sei hier nur in Kürze gedacht.

Aeltere Versuche von Lovel haben dargethan, daß, auch wenn von einer größeren Menge verpackter Zündhütchen einige explodiren, sich die Explosion den anderen nicht mittheilt. Er brachte von 500 in einem Kasten eingeschlossenen Hütchen eins mittelst eines durch den Deckel gehenden Stempels zur Entzündung; höchstens detonirten drei bis vier Stück. Befand sich aber Schießpulver in einzelnen Körnern oder Patronen in den Behältern, so explodirten in der Regel sämmtliche Hütchen.

In gleicher Weise zeigten neuere von der Birminghamer Handelskammer veranlaßte Versuche [1]), daß der Transport von Zündhütchen nicht mit Gefahr verknüpft sei, selbst nicht in dem Falle, daß mit denselben gefüllte Packete Feuer fangen sollten. Eine Kiste mit 50 000 Stück brannte in einem Schmelzofen ohne Explosion ab. Packete mit 5000 Stück wurden durch eine aus 4 m Höhe herabfallende 50 Kg schwere Eisenmasse zerquescht, ohne daß eine stärkere allgemeine Explosion eingetreten wäre. Die Hauptgefahr liegt demnach in der Bereitung des Knallquecksilbers, insbesondere aber in einigen bei der Zündhütchenfabrikation nöthigen Manipulationen.

Andere Percussionszündungen.

Wegen der trotz vortrefflicher Verbesserungen doch nicht ganz zu vermeidenden Explosionen hat man sich schon seit längerer Zeit bemüht, andere Explosivkörper oder Gemische von solchen ausfindig zu machen, welche als Surrogate des Knallquecksilbers mit gleichem Erfolge zur Füllung von Zündhütchen verwendet werden können.

Trotz vieler unzweifelhaft höchst beachtenswerther Vorschläge hat doch stets das Knallquecksilber seine hervorragende Stellung in diesem Industriezweige be-

[1]) Dingler, polyt. Journ. **193**, 92.

Digitized by Google

hauptet. Ausgedehnte Versuche mit anderen Zündhütchenfüllungen sind noch nicht gemacht worden, so daß die Praxis über deren absoluten Werth noch nicht zu entscheiden vermocht hat.

Ihrer außerordentlichen Explosivität wegen sind manche zu der Classe der nitrificirten Substanzen gehörende Körper an Stelle des Knallquecksilbers empfohlen worden. Abel[1]) hat ein leicht darzustellendes Gemenge von Schießbaumwolle und chlorsaurem Kali für diesen Zweck geeignet gefunden. Caldwell[2]), welcher Schießwolle in eine concentrirte Lösung von chlorsaurem Kali tauchte und dann trocknete, giebt an, daß dieselbe ähnlich dem Knallsilber explodire. Des Vorschlages, Nitromannit anstatt des Knallquecksilbers anzuwenden, ist schon oben (Seite 48) gedacht worden. Während dieser Körper zwar leicht durch Schlag und Stoß explodirt, jedoch weniger gegen Reibung und Erwärmung empfindlich ist, also weit gefahrloser als Knallquecksilber zu handhaben ist, gilt nicht das Gleiche von den Diazoverbindungen, welche ebenfalls zur Füllung von Zündhütchen empfohlen wurden (vergl. S. 51).

Auch pikrinsaures Blei ist als Surrogat des Knallquecksilbers in Vorschlag gebracht worden. Lesimple[3]) empfiehlt zu gleichem Zwecke eine Mischung von 3 Thln. salpetersaurem Blei und 1 Thl. amorphem Phosphor, deren Darstellung ungefährlich und billig ist (1 Kg kostet $^2/_3$ Thlr.). Dieselbe Composition ist schon früher von Achleitner als Zündmasse eingeführt worden, nachdem sie von Vohl genauer untersucht worden war (vergl. Dingler, polyt. Journ. Bd. 182, S. 143).

Das chlorsaure Kali spielt in allen übrigen Sätzen, welche durch Reibung oder Stoß leicht entzündlich sein sollen, eine hervorragende Rolle. Neumann[4]) hält ein Gemisch von diesem Salze mit Cyankupfer für einen sehr geeigneten Zündsatz; Abel[5]) empfiehlt ein solches aus Kaliumchlorat und Phosphorkupfer. In England wird die Armstrong'sche Masse, aus chlorsaurem Kali und amorphem Phosphor bestehend, in Zündspiegeln und anderen Zündvorrichtungen angewendet[6]).

Zündspiegelsätze.

Zur Bereitung einer Zündspiegelmasse, welche durch die vorschnellende Zündnadel zum Explodiren gebracht werden soll, giebt Reich[7]) folgende Vorschrift: Scheibenpulver wird mit kochendem Wasser ausgelaugt, der Rückstand mit einigen Tropfen Alkohol und Steinöl befeuchtet vorsichtig mit einem staubfeinen Gemenge von 16 Thln. chlorsaurem Kali, 2 Thln. Schwefelantimon, 3 Thln. Zucker, 2 Thln. Blutlaugensalz und 4 Thln. Bleisuperoxyd zusammengerieben. Die Masse wird noch feucht in den Zündspiegel gebracht und vorsichtig getrocknet. Nach einer

[1]) Wiek's Gew.-Zeitg. 1868, Nr. 44. — [2]) Vergl. S. 37. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **181**, 413. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **202**, 272. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **186**, 419. — [6]) Ueber eine anderweitige Verwendung s. Neue deutsche Gew.-Zeitg. 1873, S. 92. — [7]) Dingler, polyt. Journ. **171**, 232. —

Digitized by Google

anderen Vorschrift [1]) werden 16 Thle. Kaliumchlorat, 8 Thle. Schwefelantimon, 4 Thle. Schwefelblumen, 1 Thl. Kohlenpulver mit Gummi- oder Zuckerwasser angefeuchtet, gemischt und 5 Tropfen Salpetersäure zugesetzt. Nach vorsichtigem Mengen und Trocknen soll das Präparat sich vortrefflich für Zündspiegel eignen.

Einfacher zusammengesetzt sind die wirklich in Gebrauch gekommenen Zündpillensätze. Nach Wiederhold [2]) bestand ein solcher aus nahezu 5 Thln. chlorsaurem Kali und 4 Thln. Schwefelantimon ohne Bindemittel. Das Gewicht einer Zündpille betrug 0,75 g. Nach fünfjähriger Aufbewahrung zeigte sich die Zündmasse in ihrer Wirkung unverändert. Darapsky [3]) empfiehlt eine solche Composition und glaubt, daß durch dieselbe das Knallquecksilber vollkommen verdrängt werden könne. Sein Universalzündsatz besteht aus 5 Thln. chlorsaurem Kali und 4 Thln. Schwefelantimon; dieser Zusammensetzung entspricht ungefähr folgendes Atomverhältniß: $3\,KClO_3 : 1\,Sb_2S_3$. Der Vorgang bei der Verpuffung würde durch folgende Gleichung wiederzugeben sein:

$$3\,KClO_3 + Sb_2S_3 = 3\,KCl + Sb_2O_3 + 3\,SO_2.$$

Dieser Satz kann zu allen leicht explodirenden Zündungen, wie Zündhütchen, Spiegeln, Zündschrauben, zu Explosionspatronen, endlich zu Frictionsschlagröhren verwendet werden. Von größter Wichtigkeit ist es, denselben vor Feuchtigkeit zu schützen; daher werden alle Fugen der zu seiner Aufnahme dienenden Metallhüllen mit Lack überstrichen. So präparirte Zündhütchen konnten wochenlang unter Wasser liegen, ohne ihre Wirksamkeit einzubüßen.

Der in Preußen übliche Zündpillensatz soll nach Gottlieb aus 4 Thln. chlorsaurem Kali, 2 Thln. Schwefelantimon und 1 Thl. Schwefel, welche mit Gummiwasser angerührt werden, bestehen. Nach einer ausführlichen Vorschrift zu seiner Herstellung werden die Gemengtheile in anderen Verhältnissen genommen, und zwar kann der Satz sowohl auf trocknem, als auf feuchtem Wege bereitet werden; nur wenn es sich um Anfertigung kleiner Quantitäten handelt, ist der erstere zu empfehlen. 5 Thle. fein zerriebenes chlorsaures Kali werden mit 4 Thln. Schwefelantimon auf Papier mit einem Holzspatel gemengt, dazu wenig Schwefelblumen gesetzt. Das Gemenge wird entweder ganz trocken oder mit wenig wässerigem Alkohol angefeuchtet in den Zündspiegel eingebracht.

Die feuchte Bereitung ist der größeren Gefahrlosigkeit und allgemeineren Anwendbarkeit wegen vorzuziehen. Die Bestandtheile werden in denselben Proportionen gemengt, nachdem das chlorsaure Kali mit Wasser angefeuchtet ist; zuletzt wird noch $^1/_2$ Thl. Gummiarabicum oder besser 1 Thl. dünner Kleister zugesetzt. Der so dargestellte Satz kann auf zwei Arten in die Zündspiegel eingebracht werden: 1) Man formt auf einem Brettchen aus der teigigen Masse Stangen, aus denen mittelst einer der Größe der Pillen entsprechenden Kugelform die Zündpillen ausgepreßt werden. Diese werden in die Höhlungen der Spiegel eingelegt und an der Sonne oder an einem Ofen getrocknet. 2) Man schmiert die Zündmasse auf eine siebartige Metallplatte, deren Löcher der Pillengröße entsprechen und zunächst durch eine verschiebbare Platte verschlossen sind. Nach

[1]) Dingler, polyt. Journ. **123**, 101. — [2]) Jahresber. 1864, S. 233. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **172**, 274 und **175**, 357.

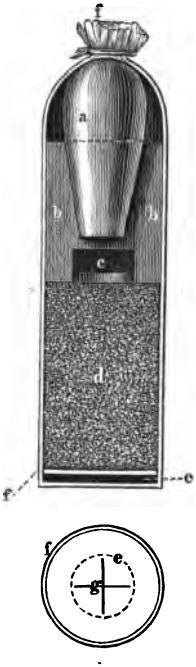
Digitized by Google

Wegnahme derselben drückt man mit einem passenden Instrumente die Masse in die unten bereit stehenden Spiegel, in welchen sie sodann getrocknet wird.

Eine wichtige Operation ist das Einpressen der Zündmasse in die Spiegel. Zu diesem Zwecke bringt man diese mit lose eingelegten Pillen in eine passende Stanze und läßt mittelst einer Hebelpresse einen dreikantigen Stempel gleichförmig auf die Zündmasse drücken. Sollte diese explodiren, so läuft der Arbeiter keine Gefahr, da der Stempel genügenden Spielraum zum Entweichen der Gase läßt. Die Zündpille wird steinhart und in diesem Zustande von feuchter Luft kaum angegriffen.

Die integrirenden Theile der Militärzündnadelpatrone sind (Fig. 34): das Geschoß (Langblei) *a*, der Zündspiegel *b* mit der Zündpille *c*, die Pulverladung *d* und die Hülse *f* mit einem Tuchboden *e*, welcher in eine Mischung von Wachs und Paraffin getaucht und mit einem Kreuzschnitte *g* versehen worden ist. In die auf einem passenden Rollstocke angefertigte Papierhülse *f* wird die Tuchscheibe *e*, sodann $4^1/_2$ bis 5 *g* Pulver eingebracht und auf dieses der Spiegel gesetzt, ein Cylinder aus zwei Streifen starken Papiers gewickelt und gepreßt. Derselbe hat an der vorderen Seite eine Aushöhlung für das Geschoß, an der hinteren eine kleine Vertiefung zur Aufnahme der Zündpille. Nachdem das Geschoß eingesetzt ist, wird die Hülse über demselben zugebunden und der obere Patronentheil mit Talg gefettet. Das Gewicht der fertigen Patrone beträgt 40 *g* (das Geschoß wiegt 25 *g*).

Fig. 34.



Für die Schrotenpatrone des Zündnadelgewehrs ist noch eine zweite Sorte Spiegel, der sogenannte Treibspiegel, nöthig, welcher nach vorn als Abschluß der Schrotladung dient. Die Zündspiegel unterscheiden sich nicht wesentlich von der der Militärpatronen. Das Gewicht der Schrote beträgt in der Regel das Dreifache von dem des Pulvers.

Andere durch Percussion zu entzündende Patronen enthalten Zündhütchen mit einer Knallquecksilbermischung, z. B. die Chassepotpatronen, deren Hülle aus sehr dünner Metallfolie besteht; der eingesetzte aus Kupfer oder verzinktem Eisen gefertigte Boden hat eine centrale Oeffnung, durch welche das Zündhütchen von der Nadel erreicht werden kann.

Frictionsschlagröhren.

Die Röhren selbst sind von Messingblech gefertigt und werden mit Kornpulver über einem Dorne vollgeschlagen, damit eine konische Höhlung bleibe. Der Frictionsapparat besteht in einer Reiberhülle, welche den Reiber, eine kleine Platte mit rauher Oberfläche, fest umschließt. Beide Theile sind mit dem Zündsatze bestrichen, welcher durch gewaltsames Herausziehen des Reibers entzündet das

Digitized by Google

Abbrennen des Pulvers bewirkt. Der Satz, um den es sich handelt, wird in den Militärlaboratorien immer nur in kleinen Mengen bereitet: 33 g chlorsaures Kali werden mit etwa 12 g Hausenblasenlösung (1 g Hausenblase in 70 g Wasser) in einer Reibschale mit Holzspatel gut umgerührt und zu dem Gemische 33 g Schwefelantimon gesetzt. Die Mengung des Ganzen wird so lange (3/4 Stunde in der Regel) fortgesetzt, bis die Masse eine honigartige Consistenz angenommen hat. In dieser Form wird der Satz mit einem Pinsel auf dem Reibeapparat angebracht und an der Luft getrocknet. Zu 1000 Stück Schlagröhren sind erforderlich 2,5 Kg Pulver, 133 g chlorsaures Kali und ebensoviel Schwefelantimon.

In den Artillerien anderer Länder sind ähnliche Schlagröhren (Frictionsbrandel) in Gebrauch; nur die Sätze sind verschieden. In England wird die Armstrong'sche Masse (s. oben S. 104) zu diesem Zwecke angewendet. Hier sei beiläufig erwähnt, daß man in Schweden nach dem Vorschlage von Callerström Schlagröhren eingeführt hatte, deren Entzündung dadurch bewirkt wurde, daß concentrirte Schwefelsäure mit einem Satze, welcher aus chlorsaurem Kali, Zucker, Schwefel, Kohle und Schwefelquecksilber besteht, in Berührung kommt. (Ueber eine ähnliche Zündung vergl. S. 12.)

Zweites Capitel.

Zündungen, welche aus langsamer abbrennenden Gemischen bestehen.

Allgemeines über Feuerwerkssätze. (Als Anhang: **Elektrische Zünder.**)

Während in dem vorigen Capitel die leicht explosiven Gemenge für Percussions- und Reibungszündungen abgehandelt sind, gelangen wir jetzt zu den schwerer entzündlichen und langsamer abbrennenden Sätzen, welche theils, wie jene, zum Entzünden von Ladungen ꝛc. dienen, zum Theil, je nach ihrer Zusammensetzung, als Leucht-, Treib- und Brandsätze Verwendung finden. Was die chemische Rolle der einzelnen Satzbestandtheile betrifft, so enthalten die in Frage stehenden Sätze stets verbrennliche Körper, wie Kohle, Schwefel, Schwefelantimon (auch Harze, Theer ꝛc.) und solche, welche durch Sauerstoffabgabe die Verbrennung unterhalten, insbesondere Kalisalpeter und chlorsaures Kali. Um besondere Effecte zu erreichen, setzt man noch andere Substanzen zu, so Baryt-, Strontian-, Kupfer- und andere Salze zur Färbung der Flammen, aromatische Körper zur Verbreitung von Wohlgeruch, fein zertheilte Metalle (Eisen, Zink ꝛc.), um Sprühfeuer zu erhalten.

Digitized by Google

Für alle hierher gehörenden Compositionen haben die sogenannten Fundamentalsätze [1]) eine besonders wichtige Bedeutung, da sie die Basis der meisten Sätze bilden. Diese Grundmengungen sind:

1. Schießpulver, 2. Salpeterschwefel und 3. der graue Satz.

Das Schießpulver wird je nach dem zu erreichenden Zwecke in Körnerform, als Mehlpulver und im verdichteten Zustande angewendet. Gekörnt wird dasselbe zu Ladungen und zur Knallerzeugung in Kanonenschlägen benutzt, weil diese Form des Pulvers die lebhafteste Verbrennung, also schnellste Gasentwicklung bedingt, während Mehlpulver dann zur Anwendung kommt, wenn ein langsameres Abbrennen erfordert wird. Durch ein mehr oder minder starkes Zusammenpressen, Schlagen des Mehlpulvers, kann die Brennzeit noch weiter modificirt, d. h. verlängert werden.

Der Salpeterschwefel [2]) enthält auf 3 Thle. Salpeter 1 Thl. Schwefel; dies Mischungsverhältniß entspricht annähernd der Zusammensetzung von gleichen Atomen beider Gemengtheile, welche bei der Verbrennung schwefelsaures Kali, schweflige Säure und Stickstoff liefern, wie folgende Gleichung verdeutlicht:

$$2\,KNO_3 + 2\,S = K_2SO_4 + SO_2 + 2\,N.$$

Um die geringe Gasmenge, welche bei diesem Vorgange gebildet werden kann, zu vermehren, wird häufig Kohle oder Mehlpulver zugesetzt. Ein solches Gemenge ist der graue Satz, welcher auf 100 Thle. Salpeterschwefel 7 Thle. Mehlpulver enthält (100 Thle. desselben bestehen also aus 93,46 des ersteren und 6,54 des letzteren).

Durch Combination dieser Fundamentalsätze lassen sich Gemenge von verschiedenster Brennzeit und Wirkung darstellen. Die Brenndauer eines Satzes ist von der höchsten Bedeutung bei der Construction von Zeitzündern. Die Wirkung muß nach dem Zwecke, welcher erreicht werden soll, variirt werden können.

Für die Bereitung, das sogenannte Ansetzen der Feuerwerkssätze im Allgemeinen, gelten folgende Regeln: Das Pulverisiren der Materialien geschieht in Mörsern oder Reibschalen, auf Reibetafeln oder bei größeren Quantitäten in Trommeln mittelst Metallschrotes. In der Regel werden die zerkleinerten Ingredienzien noch gesiebt. Wasserhaltige Salze werden vor dem Pulvern, am besten auf einem Sandbade, getrocknet.

Je nachdem die Sätze durch einfaches Mischen oder durch Zusammenschmelzen bereitet werden, nennt man sie warme oder kalte. Innige Mengung, welche auf warmem Wege leichter erreicht wird, ist unerläßliche Bedingung.

Die Substanzen, deren Mischung nicht mit Gefahr verbunden ist, werden meistens in Trommeln gemengt. Ist jede stärkere Reibung zu vermeiden, wie z. B. bei allen chlorsaures Kali enthaltenden Sätzen, so werden die einzelnen Ingredienzien mit der Hand in Mulden oder auf Papier untermengt; kleinere Quan-

[1]) Vergl. Handb. f. d. Offz. d. Pr. Art. S. 47 ff. — [2]) Die sogenannte Salpeterschwefelmengung, welche seltener gebraucht wird, enthält gleiche Theile beider Stoffe.

Digitized by Google

titäten können auch mit einem Holz- oder Hornspatel unter einander gemischt werden.

Anstatt der Schwefelblumen wendet man meistens zerkleinerten Stangenschwefel an, weil erstere, wenn nicht gut ausgewaschen, Selbstentzündung veranlassen können. Bestimmt beobachtete Fälle freiwilliger Entzündung von Sätzen hat Clarke [1]) mitgetheilt. Als er Gemenge von chlorsaurem Kali, Schwefel und salpetersaurem Strontian oder Baryt frisch bereitet hatte, bemerkte er, namentlich wenn die Bestandtheile nicht ganz trocken waren, daß nach einiger Zeit ein orangefarbenes Gas auftritt, sodann die Masse stellenweise zerfließt und endlich sich entzündet. Eine geringe Menge Schwefelantimon soll diese Zersetzung verhindern.

Solche feucht gewordene Sätze müssen mit der größten Vorsicht getrocknet werden, da sie, auch bei Gegenwart von Schwefelantimon, höchst geneigt sind, zu entflammen.

Auch Arnall [2]) machte ähnliche Beobachtungen und erklärte dieselben durch die Annahme, daß sich Schwefelsäure bilde, welche zersetzend auf das chlorsaure Kali einwirke. Daß eine derartige chemische Reaction die Ursache ist, scheint zweifellos. Deshalb hat man wohl vorgeschlagen, solche Sätze, um der Gefahr der Selbstentzündung vorzubeugen, mit kleinen Mengen eines kohlensauren Salzes zu mischen. (Vergl. die ähnlichen bei Schießwolle gebrauchten Zusätze, Soda, Pottasche 2c.)

Websky ist der Meinung, daß in Sätzen, welche neben chlorsaurem Kali Schwefel enthalten, das erstere am besten durch überchlorsaures Kali zu ersetzen sei, wenn nur eine kürzere und billigere Bereitungsmethode dieses Salzes aufgefunden wäre. Die Mischungen mit demselben sind in der That weniger leicht entzündlich, verbrennen allerdings auch langsamer, jedoch mit merklich größerer Lichtstärke.

Zündungen [3]) (wenn nicht anders bemerkt, nach den in der preußischen Kriegsfeuerwerkerei geltenden Vorschriften).

Dieselben sollen die sichere Entzündung von Ladungen jeder Art (in Feuerwaffen, Hohlgeschossen, Minenbohrlöchern 2c.), sowie von Feuerwerkskörpern bedingen; zuweilen werden sie mit den im vorigen Capitel betrachteten explosiven Gemengen combinirt.

Anfeuerung ist ein Gemenge von Pulver und Spiritus (oder Kornbranntwein), welches sehr häufig gebraucht wird. Zur Bereitung von „dicker Anfeuerung“ setzt man zu 1 Kg Schießpulver 0,57 l Spiritus, von „dünner“ auf dieselbe Menge Pulver 0,72 l des letzteren. Soll die Anfeuerung eine gewisse Bindekraft erhalten, so fügt man einem jener Gemenge 16 g Gummiarabicum (in 140 cbcm Wasser gelöst) zu. Das Ganze wird mit den Händen in einem kupfernen Napfe gut durchgearbeitet.

Die Anfeuerung ist zur Herstellung mehrerer Zündvorrichtungen nothwen-

[1]) Dingler, polyt. Journ. **183**, 164. — [2]) Liebig, Jahresber. **20**, 860. — [3]) Vergl. „Die Kriegsfeuerwerkerei d. Königl. Preuß. Artill.“, bearbeitet von Busch und Hoffmann, S. 207 ff. und S. 213 ff.

Digitized by Google

dig. Das Zündpapier ist weißes Löschpapier, welches auf beiden Seiten mit dünner Anfeuerung bestrichen und mit Mehlpulver bestreut ist; es dient in manchen Fällen zur sicheren Entzündung von Ladungen.

Zündschnur ist drei- bis vierfaches Baumwollengarn, welches mit dicker Anfeuerung vollständig imprägnirt und mit Mehlpulver bestreut ist. Die Baumwollenfäden bleiben sechs bis acht Stunden lang mit der Anfeuerung in Berührung, sodann werden dieselben auf einen Haspel aufgewickelt, und, um ihnen die vorschriftsmäßige Stärke zu geben, läßt man sie durch eine sogenannte Leere (ein Brettchen mit einem Loche von entsprechendem Durchmesser) gehen. Nach dem Trocknen an der Luft, welches je nach der Witterung vier bis sechs Tage dauert, wird die Zündschnur nochmals in mit Gummi angesetzte Anfeuerung getaucht und nach Passiren der Leere sofort mit Mehlpulver gleichmäßig eingepudert. Die fertige, trockne Zündschnur wird in Papier eingeschlagen in Patronenkasten oder Tonnen aufbewahrt. Die zu 100 m Länge von 0,52 cm Durchmesser nöthigen Materialien sind: 2,94 Kg Mehlpuler, 4,35 l Spiritus, 21,2 g Gummiarabicum, 0,24 Kg Baumwollengarn. Gute Zündschnur soll überall gleich stark, also knotenfrei sein und beim Anzünden das Feuer leicht aufnehmen und kräftig zum anderen Ende fortpflanzen. Was die Brennzeit der Zündschnur betrifft, so soll 1 m derselben in circa 24 Secunden abbrennen.

In dem sogenannten Leitfeuer ist die Zündschnur von einer mehr oder weniger langen Papierhülse umgeben, welche die Zündung von entfernten Feuerwerkskörpern sichern soll. Die Papierstoppinen (Lubelfäden) sind ebenfalls Papierhülsen, durch welche 28,5 cm lange Stücke einer Zündschnur von 0,33 resp. 0,21 cm Durchmesser gezogen sind; sie dienen zu gleichem Zwecke wie die Leitfeuer, und auch als Ersatz der kostspieligen Frictionsschlagröhren zum Entzünden der Ladungen schwerer Geschütze.

Die sogenannte amerikanische Zündschnur ist von Gomez und Mills [1]) hergestellt worden und zwar mittelst eines Gemenges von gleichen Theilen chlorsaurem Kali und Bleieisencyanür, welches mit Weingeist befeuchtet auf einen sehr dünnen Papierstreifen aufgetragen wird (für 1 m Länge genügt 0,41 g Mischung). Der Streifen wird in eine mit Harz, Pech ꝛc. zu überkleidende Papierhülle gesteckt. Thill [2]) hat mit demselben Gemenge Wolle getränkt und die Schnur mit Blei umpreßt.

Auch Schießbaumwolle [3]) und Dynamit [4]) hat man in Form von Zündschnüren anzuwenden versucht. Letzterer wurde in 16 cm langen, 0,7 cm starken Papierhülsen in Schläuche von gummirter Leinwand gesteckt. Durch Bleiröhren können Abzweigungen hergestellt werden, so daß mehrere Sprengladungen fast gleichzeitig gezündet werden konnten. Selbst bei einer Weglänge von 20 m erfolgte die Explosion, wenn die Dynamitschnur mittelst Detonationszünders entzündet war, fast momentan. Die theuren elektrischen Patronen [5]) sollen durch solche Zündschnüre entbehrlich gemacht werden.

---

[1]) Polyt. Centr.-Bl. 1858, S. 1514. — [2]) Mittheil. über Gegenstände d. Art.- u. Genie-Wesen 1870, Heft 12. — [3]) Polyt. Notizbl. 28, 1. — [4]) Trauzl, l. c. S. 174. — [5]) S. unten S. 113.

Digitized by Google

Zündlichte sind bestimmt, eine sichere und rasche Entzündung von Geschützladungen und Feuerwerkskörpern zu bewirken, namentlich wenn bei Regenwetter die Lunte[1]) ihren Dienst versagt. In starke Papierhülsen wird ein Satz, bestehend aus 100 Thln. Salpeterschwefel, 85 Thln. Mehlpulver und 7 Thln. Colophonium, durch leichte mit einem Schlägel auf einen Stempel geführte Schläge in kleinen Portionen eingepreßt; die letzte Portion wird nur locker eingesetzt, damit das Ende leichter Feuer fangen kann. Die 39 cm lange Satzsäule eines Zündlichtes soll etwa zehn bis zwölf Minuten lang mit einer 8 cm langen Flamme brennen und selbst bei heftigem Regen nicht erlöschen. Zu 100 Stück Zündlichte sind 9,5 Kg Satz erforderlich. (Der Satz der französischen Zündlichte besteht aus 6 Thln. Salpeter, 3 Thln. Schwefel und 1 Thl. Mehlpulver, der der schwedischen aus 24 Thln. Salpeter, 14 Thln. Schwefel, 11 Thln. Mehlpulver und 1 Thl. Colophonium; in einer Minute brennt von dem letzteren eine Länge von 2,6 cm ab.)

Zur Sicherung der Entzündung von Feuerwerksstücken dienen die Satzröhrchen, Papierhülsen, welche eine untere Schicht leicht gepreßten Mehlpulvers (von 2 cm Höhe) enthalten, deren oberer Theil jedoch mit Zehrungssatz gefüllt ist. Dieser wird durch Mengen von 100 Thln. Salpeterschwefel mit 25 Thln. Mehlpulver erhalten. Zu 100 Stück Satzröhrchen sind 5 Kg Zehrungssatz und $^1/_2$ Kg Mehlpulver nöthig.

Die Zeitzünder (Time fuze; fusée à temps), welche sich eng an die eben besprochenen Vorrichtungen anschließen, haben eine besonders hohe artilleristische Bedeutung. Sie sind im Allgemeinen Röhren, welche an einer Seite geschlossen und mit einem Satze gefüllt sind, der eine genau bestimmte Brenndauer besitzt. Dieser Zündersatz besteht in der Regel aus grauem Satz und einer nach der verlangten Brennzeit variirenden Menge Mehlpulver. In welcher Weise der Zusatz des letzteren wirkt, geht aus der folgenden Tabelle hervor:

Grauer Satz.	Mehlpulver.	Brennzeit von 2,6 cm in Secunden.	Grauer Satz.	Mehlpulver.	Brennzeit von 2,6 cm in Secunden.
100	0	42,62	45	55	2,83
90	10	22,91	40	60	2,76
80	20	7,21	35	65	2,75
70	30	4,54	30	70	2,72
65	35	3,65	20	80	2,50
60	40	3,42	10	90	2,32
55	45	3,18	0	100	2,29
50	50	2,97			

[1]) Lunte wird dadurch hergestellt, daß man 50 Kg gereinigten Hanfwerg in einer Lösung von 1,8 Kg Bleizucker (oder chromsaurem Kali) in 143 l Wasser mehrere Tage lang liegen läßt und nach dem Herausnehmen trocknet.

Digitized by Google

Ueber der Satzsäule befindet sich in der Regel eine Schicht Mehlpulver, welches zuerst entflammt die sichere Entzündung des Satzes vermitteln soll. Muß eine Correctur in der Brennzeit des letzteren bewirkt werden, so soll dieselbe durch Veränderung seiner Gemengtheile, niemals durch Verdichten derselben erfolgen. Bei den Zeitzündern von Projectilen ist die Brenndauer von der gerade verlangten Flugzeit des Geschosses abhängig; ist diese gegeben, resp. die Entfernung des Zieles bekannt, so kann durch einfache Manipulation, durch Tempirung des Zünders, die gewünschte Brennzeit erzielt werden.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Zünderarten zu liefern; ich verweise auf die Handbücher der Kriegsfeuerwerkerei [1]). Nur über die Zusammensetzung einiger gebräuchlicher Zündersätze seien Angaben im Folgenden gemacht. Der Satz für schwere Geschosse (für Bombenkanonen, 25- und 50pfündige Mörser) besteht aus 70 Thln. grauem Satz und 30 Thln. Mehlpulver, der für 7- und 10pfündige Mörser aus 75 Thln. und 25 Thln., der Zündersatz von Spiegel- und Handmörsergranaten aus 80 Thln. des ersteren und 20 Thln. des letzteren.

Während bei allen eben erwähnten Zündern die Satzsäule durch die abbrennende Geschützladung entzündet wird, findet bei der neuesten Construction der preußischen Shrapnells [2]) die Zündung vermittelst einer durch Stoß explodirenden Zündpille im Innern der Geschosse statt (Princip der Concussion).

In Frankreich wurden die Zünder für Granaten mit reinem Mehlpulver, die für Bomben und Handgranaten mit einem aus 3 Thln. Mehlpulver, 2 Thln. Salpeter und 1 Schwefel bestehenden Satze gefüllt. In der schwedischen Artillerie ist als Zündersatz ein Gemenge von $33^1/_3$ Thln. Mehlpulver und $66^2/_3$ Thln. grauem Satz üblich.

Elektrische Zünder.

Die Zeitzünder werden in allen den Fällen gebraucht, in denen Sprengladungen oder Feuerwerkskörper nach Verlauf einer bestimmten Zeit entzündet werden sollen. Muß diese Zeit verschwindend klein sein und sollen mehrere Ladungen zugleich entzündet werden, so ist man auf die Benutzung elektrischer Zündvorrichtungen angewiesen. Sei es nun, daß der elektrische Funke oder ein zum Glühen gebrachter Draht die Entzündung bewirkt, stets muß, wenn dieselbe mit Sicherheit erfolgen soll, ein sogenannter secundärer Leiter (Zündmittel) angewendet werden. Gaiffe und Comte [3]) lassen den Inductionsfunken durch Knallquecksilber

---

[1]) Vergl. besonders die Schrift: Der Entwicklungsgang und die darauf gegründete Systematik des Zünderwesens ꝛc. von W. Ritter von Breithaupt, welche die neuesten Bestrebungen eines Armstrong, Bormann, Borer, Lenk, Moorsom, insbesondere des Verfassers selbst und Anderer beleuchtet und namentlich die Bedeutung der Breithaupt'schen Zeitzünder für die nach einem Universalzünder hindrängende Entwicklung des Zünderwesens in das klarste Licht setzt. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **201**, 95. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **180**, 118.

Digitized by Google

schlagen; ihr Zünder ist billiger als der Statham'sche [1]), welcher auf gleichem Princip beruht. Dieser besteht aus zwei Leitungsdrähten von Kupfer oder verzinktem Eisen, welche 2 bis 3 mm von einander abstehen und in einer Kautschukröhre sich befinden, welche innen mit Schwefelkupfer überzogen ist. Diese Schicht dient als secundärer Leiter und bewirkt sicher die Entzündung einer kleinen Prise Knallquecksilber, welche mit Jagdpulver in einem Kautschuksäckchen eingeschlossen ist (das Stück kostet 4 Groschen).

Abel [2]) wendet einen magnetoelektrischen Apparat an und bringt an die Entzündungsstelle einen Satz von chlorsaurem Kali und Cyankupfer, welchem zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit Coakspulver zugesetzt ist. Mowbray [3]) bedient sich eines Zündsatzes aus chlorsaurem Kali und Schwefel- oder Phosphorkupfer. Die Zündpatronen werden in der Weise angefertigt, daß zwei isolirte Drähte in das schmalere Ende einer hölzernen, zuvor in schmelzendes Paraffin getauchten Röhre eingeschoben und mit Guttapercha befestigt werden. Sodann wird der Satz eingebracht, darauf ein mit 1 g Knallpulver geladenes Zündhütchen und schließlich die Röhre mit Asphaltfirniß bestrichen (3 Mann können täglich 1000 Zünder fertigen).

v. Ebner [4]) hat ebenfalls einen magnetoelektrischen Apparat mit Erfolg benutzt; als Satz dient ihm ein Gemenge von gleichen Theilen chlorsauren Kalis und Schwefelantimon, welchem Schwefelblei oder Schwefelkupfer zugesetzt wird. Zuerst hatte v. Ebner [5]) Reibungselektricität als wirksamste Zündungsquelle (bis auf 4 Meilen Entfernung) empfohlen, jedoch Schwierigkeiten in der Construction geeigneter Maschinen, welche auch an feuchten Orten sicher functionirten, gefunden. Mechaniker Bornhardt [6]) in Braunschweig liefert Maschinen, welche in einem Blechkasten dicht eingeschlossen trefflich wirken, auch wenn sie längere Zeit im Wasser gestanden haben. Abegg's [7]) elektrische Zünder, welche aus zwei mit Wachs umhüllten Eisendrähten bestehen und ebenfalls mit einer Elektrisirmaschine in Verbindung gesetzt werden, empfehlen sich durch Billigkeit (100 Stück kosten 2 Thlr. 12 Gr.).

Drittes Capitel.

Die wichtigsten Feuerwerkssätze.

Die in der Feuerwerkerei üblichen Mischungen haben verschiedene Zwecke zu erfüllen; nach diesen ist auch ihre Zusammensetzung eine wechselnde. Für die

[1]) Dingler, polyt. Journ. **176**, 210. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **186**, 419. [3]) Dingler, polyt. Journ. **206**, 190. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **186**, 331. — [5]) Dingler, polyt. Journ. **146**, 37, 195. — [6]) Dingler, polyt. Journ. **168**, 343. — [7]) Mittheil. Art.- und Genie-Wesen 1871, Heft 9.

Digitized by Google

Anfertigung aller Sätze gelten die früher (s. S. 108) mitgetheilten Regeln. In der Praxis, speciell in der Kriegsfeuerwerkerei, handelt es sich wesentlich um Erreichung folgender Wirkungen: Erzeugung von Licht (Leuchtsätze), von Gasen (Treibsätze — Stankkugelsätze) und einer lange anhaltenden, heißen Flamme (Brandsätze).

Neben dieser systematisch wichtigsten Eintheilung unterscheidet der Pyrotechniker lediglich nach der Geschwindigkeit des Abbrennens rasche und faule Sätze. Endlich sind, vorzugsweise in der Lustfeuerwerkerei, die Bezeichnungen „Funken- und Flammenfeuer" üblich, welche Namen den Eindruck der abbrennenden Sätze auf das Auge wiedergeben sollen. Die ersteren sind dadurch charakterisirt, daß sie glühende oder brennende Theilchen auswerfen, während die eigentliche Flamme Nebensache ist. Die anderen sollen gerade durch ihre specifisch gefärbte Flamme wirken. Zuweilen werden beide Arten vereinigt zu sogenannten Zwitter- oder Doppelsätzen. Die Funkenfeuer haben für die Kriegsfeuerwerkerei keinen Werth.

Leuchtsätze.

Soll mit Hülfe der Sätze nur ein möglichst intensives Licht erzeugt werden, so ist ihre Zusammensetzung eine sehr einfache. In manchen Fällen jedoch ist Rücksicht auf eine bestimmte Färbung der Flamme zu nehmen; dieselbe kann durch Ingredienzien verschiedenster Art erreicht werden. Das von einer Flamme ausgestrahlte Licht verdankt seine Entstehung entweder kleinen, festen Partikeln, welche durch den Verbrennungsproceß aufwärts gerissen und in starkes Glühen gerathen sind, oder glühenden, gasförmigen Körpern. Die Intensität des Lichtes ist also wesentlich von der Flammentemperatur abhängig.

Als Grundlage für die meisten Leuchtsätze kann man den Salpeterschwefel betrachten, in dem jedoch — je nach der Natur der Ingredienzien — der Kalisalpeter total oder partiell durch äquivalente Mengen von chlorsaurem Kali vertreten sein kann. Der Salpeterschwefel wird wegen zu geringer Gasproduction mit Mehlpulver gemischt zu grauem Satz. Dieser verbrennt mit intensiv weißem Lichte, welches durch die in die Flamme emporgerissenen Theilchen von schwefelsaurem Kali erzeugt wird.

Die Feuerballen sind zwillichene Beutel, welche mit grauem Satze gefüllt sind; derselbe ist nach Zusatz von wenig Spiritus möglichst fest verdichtet. Zur sicheren Entzündung wird ein Satzröhrchen (vergl. S. 111) angebracht.

Während die Feuerballen mit der Hand geworfen werden, um im Festungskriege das nächste Terrain zu beleuchten, werden die Leuchtkugeln entweder aus Wurfgeschützen auf weitere Entfernungen geschleudert oder in Bombenröhren als Nachtsignale angewendet. Der Leuchtkugelsatz enthält einen Ueberschuß von Schwefel, in 100 Thln. 76,6 Thle. grauen Satz und 23,4 Thle. Schwefel; er wird warm angesetzt. In den geschmolzenen Schwefel trägt man den grauen Satz portionsweise ein und sorgt durch Umrühren (sogenanntes Brechen) für gleichmäßige Mengung. Der fertige Satz wird in eine besondere Umhüllung, das Leuchtkugelkreuz, gestopft.

Digitized by Google

Die Bombenröhren sind starke Papierhülsen, welche in abwechselnden Schichten mit einem langsam brennenden Satze (2 Thln. Mehlpulver und 1 Thl. Kohle) und mit einer kleinen Kornpulverladung, auf welcher eine Leuchtkugel liegt, gefüllt sind. Dieselben werden in der Erde stehend eingegraben und sollen vorzüglich als Nachtsignale dienen. Auch farbige Leuchtkugeln (über deren Bereitung siehe unten S. 116) können angewendet werden.

Zu den Leuchtfackeln wird eine aus 107 Thln. grauem Satz und 5 Thln. Schwefelantimon bestehende Mischung angewendet. Endlich kann als Leuchtmittel das sogenannte Kaltgeschmolzenzeug, welches auch in Bombenröhren mit langsamer brennendem Satze zur Anwendung kommt, betrachtet werden. Dasselbe besteht aus 85,6 Thln. grauem Satze, 29,4 Thln. Mehlpulver und 5 Thln. Schwefelantimon. Die Gemengtheile werden mit Spiritus befeuchtet gut durchgearbeitet und in Kugeln geformt. Dieselbe Composition wird auch gewöhnlich als Weißfeuer benutzt, da sie beim Verbrennen ein besonders intensives Licht liefert. In ihrer Wirkung kaum nachstehend ist folgende, nur die Bestandtheile des Pulvers enthaltende Mischung: 75 Thle. Kalisalpeter, 22,5 Thle. Schwefel und 2,5 Thle. Kohle. Das sogenannte indische Weißfeuer ist ein Satz, bestehend aus 24 Thln. Kalisalpeter, 7 Thln. Schwefel und 2 Thln. Realgar (Zweifach-Schwefelarsen $= As_2 S_2$).

Zur Bereitung der mit farbiger Flamme verbrennenden Leuchtsätze sind zahllose Vorschriften (namentlich in der Lustfeuerwerkerei) gegeben worden. Die färbenden Mittel sind in der Regel solche salpeter- oder chlorsaure Salze, welche die Eigenthümlichkeit haben, in glühendem Zustande farbiges Licht auszustrahlen. Da dieselben außerordentlich leicht ihren Sauerstoff abgeben und so verbrennliche Körper entzünden, tragen sie dazu bei, die Flammentemperatur zu erhöhen, den Lichteffect also zu steigern.

Die Grundlage fast aller farbigen Feuer ist ein durch Salpeterschwefel und noch häufiger eine Mischung gleicher Atome chlorsaures Kali und Schwefel (sogenannter Chlorkalischwefel) erzeugtes weißes, nur schwach violettes Licht. Die Anwendung des letzteren Gemisches, welches abbrennend sich durch eine lebhaftere Gas- und Wärmeentwicklung auszeichnet, ist um so mehr geboten, je schwieriger die färbenden Salze flüchtig sind. Eine geringe Beimengung von Kohle beschleunigt die Verbrennung ohne die Färbung zu beeinträchtigen, eine größere Quantität verleiht der Flamme einen röthlichen Ton.

In der Kunstfeuerwerkerei werden die folgenden Salze zur Erzeugung der verschiedenen Farben benutzt:

Für Rothfeuer: Salpetersaurer Strontian, $Sr(NO_3)_2$, auch salpetersaurer Kalk resp. Chlorcalcium für ein helleres Roth [1]).
„ Gelbfeuer: Natronsalpeter, $Na(NO_3)$ (auch doppeltkohlensaures Natron).
„ Grünfeuer: Barytsalpeter, $Ba(NO_3)_2$.

[1]) Die prachtvolle rothe Färbung, welche Lithiumsalze den Flammen ertheilen, ist im Großen zu theuer und auch wegen der Zerfließlichkeit der meisten Lithiumverbindungen schwer zu benutzen.

Digitized by Google

Für Blaufeuer: Kohlensaures Kupferoxyd [1]), $CuCO_3$ (auch schwefelsaures Kupferoxydammoniak).

Die in der Kriegsfeuerwerkerei üblichen Mischungen, welche insbesondere als Versetzung der Raketen [2]) und somit als Signalfeuer dienen, haben folgende Zusammensetzung [3]):

Weiß: das Kaltgeschmolzenzeug (s. S. 115)

Roth: 29,7 chlorsaures Kali
45,7 salpetersaurer Strontian
17,2 pulveris. Schwefel
5,7 Schwefelantimon
1,7 Kohle

Blau: 54,5 chlorsaures Kali
27,4 schwefels. Kupferoxyd-Ammoniak
18,1 Holzkohle.

Grün: 32,7 chlorsaures Kali
52,3 salpeters. Baryt
9,8 Schwefel
5,2 Holzkohle.

Gelb: 62,8 Salpeter
23,6 Schwefel
9,8 Natronsalpeter
3,8 Kohle.

Die einzelnen Bestandtheile werden vorsichtig gemengt, dann mit wenig Alkohol befeuchtet und in Papierhülsen durch mäßiges Schlagen verdichtet.

In der Lustfeuerwerkerei werden noch folgende Compositionen für Leuchtkugeln empfohlen:

1. Weiß.

Salpeter	9	70	—	
Chlorsaures Kali	—	—	16	
Schwefel	3	14	8	
Schwefelantimon	2	—	1	
Salpetersaures Blei	—	—	16	
Realgar	—	10	—	
Schellack	—	1	—	
Metallisches Antimon	—	12	—	

2. Roth.

Salpetersaurer Strontian	8	4	—	—
Chlorsaures Kali	4	3	—	—
Schwefel	3	—	—	—
Schwefelantimon	2	—	—	—
Salpeter	—	—	5	14
Feine Kohle	—	—	—	1
Schellack	—	—	—	3
Milchzucker	—	2	—	—
Kienruß	—	—	1	—

[1]) Früher wurde auch Kupferoxyd angewendet; jedoch haben häufig solche Sätze die Neigung zur Selbstentzündung gezeigt. — [2]) Ueber diese s. weiter unten S. 121. — [3]) Busch u. Hoffmann l. c. S. 393.

Digitized by Google

3. Grün.

Salpetersaurer Baryt	16	40	40	—
Kohlensaurer Baryt	—	—	—	1
Chlorsaures Kali	8	20	20	6
Schwefel	6	13	10	2
Schwefelantimon	3	—	—	—
Calomel	—	13	—	—
Kienruß	—	1	1	—
Schellack	—	1	1	—

4. Gelb.

Salpetersaures Natron	—	8	—	—
Oxalsaures Natron	2	—	1	2
Chlorsaures Kali	—	—	4	4
Salpetersaures Kali	9	—	2	—
Schwefel	3	2	2	—
Schwefelantimon	—	1	—	—
Feine Kohle	—	1	—	—
Schellack	—	—	—	—

5. Blau.

Bergblau ($CuCO_3$)	5	—
Kupferfeilspäne	—	—
Chlorsaures Kali	12	8
Schwefel	5	4
Calomel	1	6
Milchzucker	—	5

6. Violett.

Bergblau	1	—
Salpetersaurer Strontian	4	5
Kupferfeilspäne	—	4
Chlorsaures Kali	9	5
Schwefel	6	3
Calomel	1	3

Zur sicheren Entzündung der Leuchtkugeln werden dieselben angefeuert; Websky bedient sich folgenden Satzes zum Anfeuern: 8 Thle. Mehlpulver, 4 Thle. Salpeter, 1 Thl. Schwefel.

Die sogenannten Sternchen sind ebenfalls aus einem mit Spiritus angefeuchteten Satz geformte, würfelförmige oder runde Körperchen, welche meistens zur Versetzung von Raketen dienen.

Beliebte Sätze für weiße und goldgelbe Sternchen haben folgende Zusammensetzung:

	Weiß.		Goldgelb.	
Salpeter	16	16	16	16
Schwefel	8	7	10	8
Mehlpulver	3	4	16	8
Kohle	—	—	4	2
Kienruß	—	—	2	2

Die Mischungen [1]) für farbige Sterne unterscheiden sich wenig von den für Leuchtkugeln bestimmten.

[1]) Nachzusehen Winkelblech: Farbige Feuer, im polyt. Central-Blatt 1850, S. 1405 und 1851, S. 107.

Digitized by Google

Während die genannten Feuerwerksstücke weniger den Zweck haben, die Umgebung zu beleuchten, als vielmehr in der Luft schwebend farbige Effecte hervorzubringen, welche in der Kriegsfeuerwerkerei als Signale verwerthet werden können, sollen die bengalischen Flammen (Theaterfeuer) dazu dienen, größere Räume in einem hellen Lichte von bestimmter Farbe erscheinen zu lassen. Aus der großen Zahl von Vorschriften die besten Mischungen herauszufinden, dürfte schwer sein; hier seien einige derselben mitgetheilt, auf andere verwiesen [1]). Die Ingredienzien für dieselben werden trocken innig gemischt und am zweckmäßigsten in Tiegel oder Blechbüchsen gedrückt, in welchen sie angezündet werden. Am wirksamsten würden als Färbungsmittel die chlorsauren Salze von Barium, Strontium, Kupfer ꝛc. sein, wenn dieselben nicht zu hygroskopisch wären.

1. Weiß.

	a	b	c	
Salpeter	12	32	24	Der Satz a ist der gebräuchlichste; er liefert ein bläulich weißes Licht; c unterscheidet sich vom sogenannten indianischen Weißfeuer nur durch den Zusatz von Antimon.
Schwefel	4	8	7	
Schwefelantimon	1	—	—	
Realgar	—	—	2	
Metall. Antimon	—	12	1	
Mennige	—	10	—	

2. Roth.

	a	b	c	d	e	
Salpetersaurer Strontian	40	56	—	—	—	a, b, c verbrennen mit einer schön rothen Flamme, d mit purpurrothem, e mit rosarothem Lichte. Das Rothfeuer von Holtz, Dingler, polyt. Journ. **205**, 577, besteht aus 4 Thln. salpeters. Strontian u. 1 Thl. Schellack.
Kohlensaurer Strontian	—	—	23	—	—	
Kohlensaurer Kalk	—	—	—	23	—	
Chlorcalcium	—	—	—	—	23	
Chlorsaures Kali	5	20	61	61	61	
Schwefel	13	24	16	16	16	
Kohle	2	—	—	—	—	

3. Gelb.

Salpetersaures Natron	48	—	—	20
Kohlensaures Natron	—	20	23	—
Schwefel	16	17½	16	5
Schwefelantimon	4	—	—	1
Feine Kohle	1	1½	—	1
Salpetersaures Kali	—	61	—	—
Chlorsaures Kali	—	—	61	—

4. Grün.

Salpetersaurer Baryt	45	60	8	12
Chlorsaures Kali	10	18	3	5
Schwefel	10	22	3	4
Schwefelantimon	1	—	—	—

[1]) Winkelblech, l. c., ferner Dingler, polyt. Journ. **189**, 235; **199**, 77; **201**, 178 und Journ. f. prakt. Chemie **55**, 250.

Digitized by Google

5. Blau.

	a	b	c
Kohlensaures Kupferoxyd	—	—	—
Schwefelsaures Kupferoxyd — Ammoniak	15	12	—
Geglühter Alaun	—	12	23
Chlorsaures Kali	28	60	61
Schwefel	15	16	16
Schwefelsaures Kali	15	—	—
Salpeter	27	—	—

a liefert ein reines Blau, b ein dunkles, c ein helles.

6. Violett.

	a	b
Alaun	12	16
Kohlensaures Kali	12	16
Chlorsaures Kali	60	54
Schwefel	16	14

a Dunkelviolett, b Hellviolett.

Ein Verfahren zur Herstellung bengalischer Fackeln, welche wie Pechfackeln gebraucht werden können, sowie besonders zu diesem Zwecke geeigneter Sätze, welche zur Verlängerung der Brennzeit Stearinsäure oder Schellack enthalten, hat Thenius [1]) angegeben.

Von selteneren Mischungen, welche einen prächtigen Effect erzeugen, jedoch zu theuer sind, ist eine von Uhden [2]) angegebene zu nennen, welche aus 20 Thln. Salpeter, 5 Thln. Schwefel, 4 Thln. Schwefelcadmium und 1 Thl. feiner Kohle bestehend mit weißer, schön blau gesäumter Flamme verbrennt, ferner ein von Crookes bereiteter Satz, welcher ein prachtvoll grünes Licht giebt, zusammengesetzt aus 8 Thln. chlorsaurem Thallium, 2 Thln. Calomel und 1 Thl. Harz. Auch die Anwendung des pikrinsauren Ammoniaks zu Flammenfeuern ist hier zu erwähnen. Designolle [3]) hat folgende Mischungen bewährt gefunden für Grünfeuer: 48 Thle. pikrinsaures Ammoniak und 52 Thle. salpetersauren Baryt; für Rothfeuer: 54 Thle. des ersteren und 46 Thle. salpetersauren Strontian. Brugère [4]) hat dasselbe Ingredienz empfohlen; ein geeignetes Grünfeuer besteht nach ihm aus 25 Thln. pikrinsaurem Ammoniak, 67 Thln. salpetersaurem Baryt und 8 Thln. Schwefel.

Gemischte Farben.

Man könnte der Meinung sein, durch Mischen der mit verschiedenfarbigem Lichte brennenden Sätze nach Belieben Zwischenfarben zu erhalten; jedoch ist dies nur in sehr beschränktem Maße möglich, da das Zusammentreffen complementärer Lichtstrahlen ein mehr oder weniger reines Weiß zu erzeugen strebt. Nach Winkelblech soll der Zusatz von 2 Proc. eines gelben Satzes zu einem rothen bewirken, daß dieser ohne merkliche Färbung abbrennt. Dem Grünfeuer darf kein

[1]) Dingler, polyt. Journ. **173**, 411. — [2]) Jahresber. 1862, S. 280. — [3]) Dingler, polyt. Journ. **192**, 67. — [4]) Dingler, polyt. Journ. **194**, 499.

Digitized by Google

anderer Satz zugemischt werden, da die grüne Farbe außerordentlich leicht ausgelöscht wird. Field [1]) hat durch Mengen von Roth- und Grünfeuer ein bläulichweißes Licht erhalten; ein reines Weiß entstand durch Abbrennen einer Mischung aus Grün- und einem Rosarothfeuer von der Zusammensetzung des Satzes 2 e (S. 118). Nur aus Roth und Blau läßt sich ein schönes Violett erzielen (vergl. die Sätze 6 a und b S. 119).

Durch geschickte Nebeneinanderstellung verschiedenfarbiger Sätze lassen sich andererseits sehr schöne Effecte hervorbringen, wenn man die Farben so wählt, daß sie sich möglichst ergänzen. Brennt man z. B. einen lichtschwachen grünen Satz neben einem lichtstarken Rothfeuer ab, so strahlt der erstere ein tief grasgrünes Licht aus; umgekehrt brennen schwach rothe Feuer mit prächtiger Carmoisinfarbe, wenn ein starkes grünes Licht in der Nähe erzeugt wird.

In gleicher Weise wird eine schwach blaue Färbung durch ein benachbartes stark rothes oder gelbes Licht gesättigter. Diese Erscheinungen sind rein subjectiver Natur, indem sie auf der Eigenthümlichkeit unseres Auges beruhen, welches durch Einwirkung starker farbiger Strahlen ermüdet für diese in demselben Maße seine Reizbarkeit einbüßt, als es für die denselben complementären Farben empfindlicher wird.

Funkenfeuersätze.

Hier mögen einige der häufigst gebrauchten Sprühfeuer aufgezählt werden, welche für die Lustfeuerwerkerei eine hervorragende Bedeutung haben, weil sie prächtige Effecte ohne großen Kostenaufwand hervorbringen. Die einfachsten dieser Sätze bestehen aus Gemengen von Mehlpulver und grober Kohle, oder aus Salpeter, Schwefel und Kohle. Während bei ersteren die beiden Gemengtheile im Verhältnisse von 10 zu 1 bis 8 zu 3 variiren, sind von letzteren folgende Gemische beliebt:

Salpeter	12	16
Schwefel	3	4
Grobe Kohle	5	9

Die grobe Kohle liefert Funken, welche röthliches Licht ausstrahlen. Von anderen funkengebenden Körpern sind namentlich Metalle in fein zertheiltem Zustande beliebt, so rostfreie Eisenspäne, Gußstahlspäne, welche rothe und weiße, Kupfer- und Zinkspäne, welche grüne resp. grünlich-blaue Funken geben. Die sogenannten Brillantsätze verdanken ihre Wirkung diesen Beimengungen; einige der gebräuchlichsten haben folgende Zusammensetzung:

Mehlpulver	16	16	—
Salpeter	8	12	12
Schwefel	3	3	1
Kohle	3	3	1
Gußeisenspäne [2])	10	12	2

[1]) Ann. Chem. Pharm. **120**, 347 — [2]) Die sogenannten Lyoner Fäden sind am beliebtesten.

Digitized by Google

Alle diese Sätze werden in sogenannten Brändern, Hülsen, welche am vorderen Ende (Kehle) zu einer engen Ausströmungsöffnung gewürgt sind, abgebrannt. Durch Combination und zweckmäßige Gruppirung derselben lassen sich Sonnen, Fixsterne, Fächer, Cascaden ꝛc. herstellen.

Bei den sogenannten Doppelsätzen (s. S. 114) ist zu berücksichtigen, daß dieselben unter starker Schlackenbildung verbrennen, daher die Kehlen nicht zu eng gemacht werden dürfen. Die Mischungen, welche Kienruß enthalten, pflegen zu dieser Classe gezählt zu werden, da sie eine röthliche Flamme mit sternförmigen Funken geben (z. B. ein Satz aus 4 Thln. Salpeter, 1 Theil Schwefel und 1 Thl. Kienruß). Eine ähnliche Erscheinung bieten die japanischen Zündstäbchen [1]). Auch die Zink enthaltenden Sätze werden den Doppelsätzen angereiht, da ihre Flamme charakteristisch gefärbt ist (bei Tage grün, im Dunkeln blau).

Treibsätze.

Dieselben schließen sich den Leuchtsätzen eng an, da sie vielfach zu Signalen, welche auf Lichteffecten beruhen, verwendet werden; in ihrer Zusammensetzung stehen sie den Funkenfeuersätzen (s. vor. S.) am nächsten. Die wichtigsten hierher gehörenden Feuerwerkskörper sind die Raketen, Papierhülsen, welche mit einem stark verdichteten Treibsatze gefüllt und gewöhnlich mit einer sogenannten Versetzung oder Garnitur versehen sind. Jener besteht in der Regel aus Mehlpulver mit einem Zusatz von Kohle, welche die Gasmenge in Folge der Bildung von Kohlenoxyd erhöhen soll. Nach einer Vorschrift mischt man 8 Thle. Mehlpulver mit 3 Thln. grober Kohle, nach einer anderen 16 Thle. Salpeter mit 4 Thln. Schwefel und 9 Thln. Kohlenpulver; man wendet also die auch als Sprühfeuer gebrauchten Gemenge an. Der preußische Kriegsraketensatz [2]) besteht aus 32 Thln. Salpeter, 12 Thln. Schwefel, 32 Thln. Mehlpulver und 16 Thln. gepulverter Kohle (von hartem Holze). In Frankreich [3]) war folgende Mischung üblich: 2,115 Kg Salpeter, 0,434 Kg Schwefel und 1,205 Kg Holzkohle.

Zur Anfertigung der Raketen werden die rollirten Hülsen von starkem Papier in eine zweitheilige kupferne Form gebracht und sodann der Treibsatz in Portionen eingefüllt, welche mit einem Stempel durch mäßig starke Schläge, die entweder mit der Hand oder mit einer Ramme zu führen sind, verdichtet werden. Je nachdem der Satzcylinder direct oder nachträglich durch Ausbohren mit einer Höhlung, der sogenannten Seele, versehen werden soll, wird ein hohler oder ein massiver Stempel benutzt. Dem letzteren Verfahren wird jetzt bei der Fabrikation im Großen der Vorzug gegeben, da eine gleichmäßigere Verdichtung des Satzcylinders erzielt wird, wenn derselbe massiv angefertigt wird. Im ersteren Falle wird die Masse über einem Dorn eingetrieben. Durch die schwach konisch geformte Seele der Rakete soll eine möglichst gleichzeitige Entzündung bewirkt werden. Ueber die zweckmäßigsten Dimensionen der Aushöhlung gehen die Angaben auseinander. Von dem Satzcylinder bleibt immer ein Theil undurchbohrt, die

[1]) Deutsche Ind.-Zeitg. 1865, S. 48. — [2]) Busch-Hoffmann, l. c. S. 384. — [3]) Archiv f. d. Offic. d. preuß. Artill. 21, 164.

Digitized by Google

sogenannte Zehrung, welche je nach dem Kaliber der Raketen eine verschiedene Höhe hat. Ueber dem Satze wird eine in der Mitte durchbohrte Schlagscheibe angebracht, und falls die Rakete ohne Versetzung benutzt wird, direct eine kegelförmige Kappe von steifem Papier befestigt, welche zur leichteren Ueberwindung des Luftwiderstandes dienen soll. Zur Entzündung der Rakete dient eine Stoppine, welche in die Seele eingesetzt wird.

Endlich wird ein Stock von vierseitiger, pyramidaler Gestalt aus trocknem, leichtem Holze, der sogenannte Raketenstab (oder Ruthe), mit der Rakete verbunden, um ihre Bahn zu regeln. Die Länge dieses Stabes, welcher genau parallel mit der Längenachse der Rakete liegen muß, beträgt für einpfündige [1]) Raketen 2,66 m, für einhalbpfündige 2,35 m. Um das Aufsteigen in senkrechter Richtung sicher zu erreichen, werden die Raketen balancirt, d. h. man bindet den Stab in der Weise an, daß der Schwerpunkt der fertigen Rakete etwas unterhalb der Mündung im Stabe liege (erfahrungsgemäß beträgt die Entfernung bei einpfündigen Raketen 1 cm).

Zum Abbrennen wird ein etwa 4 m langer Pfahl mindestens 7 dm tief in die Erde gegraben; oben ist in demselben ein langer Nagel zum Aufhängen der Rakete, unten sind zwei Nägel neben einander, zwischen denen das Stabende hängt, eingeschlagen. Die Stoppine wird mit einem an langer Stange befindlichen Zündlichte angezündet. Während eines Momentes soll die normal angefertigte Rakete auf dem Nagel hängen bleiben, sodann steigt sie kraftvoll gerade in die Höhe und hinterläßt einen bis auf die Erde reichenden Feuerstrahl.

Während diese einfachen Raketen allein als Signale dienen können, sind sie auch häufig dazu bestimmt, Träger eines zweiten Signals, der sogenannten Versetzung, zu werden. Diese wird in der über der Schlagscheibe sitzenden konischen Kappe angebracht und durch das Feuer der Zehrung entzündet; zur sicheren Uebertragung desselben wird die Durchbohrung der Schlagscheibe mit Mehlpulver ausgefüllt. Die Versetzung kann aus den verschiedensten Feuerwerksstücken bestehen, in der Kriegsfeuerwerkerei aus Kanonenschlägen, Cylindern von Kaltgeschmolzenzeug oder Leuchtkugeln (s. S. 116). Die ersteren sind zu diesem Zwecke Cylinder von guter Pappe, welche mit starker Pulverladung gefüllt und fest verleimt und umbunden sind; sie können als Tag- und Nachtsignale verwendet werden. In der Lustfeuerwerkerei dienen noch Sternchen, Lichter, auch farbige Leuchtsätze, welche an einem Fallschirme befestigt sind, und andere mehr als Versetzung. Einer Verwendung von Nitroglycerin zu diesem Zwecke ist früher (S. 65) gedacht worden. Das Gewicht der Versetzung darf natürlich nicht zu beträchtlich sein, da sonst die Steigkraft der Rakete zu sehr beeinträchtigt werden würde [2]).

[1]) Die Kaliberbezeichnung wird von dem Gewichte einer eisernen Kugel abgeleitet, welche mit der Rakete gleichen Durchmesser hat. — [2]) In neuester Zeit sind Raketen von größerem Kaliber (5 cm und 8 cm im Durchmesser) mit bestem Erfolge angewendet worden, um die Rettung Schiffbrüchiger zu ermöglichen. Die Rettungsraketen stellen die Verbindung zwischen Strand und Wrack durch eine mitgeführte Schießleine her; die Ankerraketen sollen den Rettungsboten das Abkommen vom Strande erleichtern. Beide Sorten werden in dem Königl. Feuerwerkslaboratorium zu Spandau in vorzüglicher Qualität angefertigt.

Digitized by Google

Insoweit Sätze neben ihrer Leuchtwirkung eine Bewegung der Feuerwerkskörper veranlassen sollen, können sie auch als Treibsätze betrachtet werden. In dieser Lage sind manche Funkenfeuersätze, welche ihre Hülsen, in denen seitlich Löcher angebracht sind, durch Ausströmen der Verbrennungsgase in eine drehende Bewegung versetzen (darauf beruhen unter Anderem die Luftwirbel, Feuerräder [die einfachen und doppelten], Spiralen, Schlangen 2c.).

Stankkugelsätze 2c.

Zu den Treibsätzen, deren Wirksamkeit durch eine lebhafte Gasentwicklung bedingt ist, können wegen dieser Eigenschaft auch einige andere Compositionen gezählt werden, welche den besonderen Zweck haben, unathembare Gase bei der Verbrennung in großer Menge zu bilden. In der Kriegsfeuerwerkerei wird zu sogenannten Stankkugeln Salpeterschwefel verwendet, welcher bekanntlich schweflige Säure und Stickstoff, also irrespirable Luftarten, erzeugt; die früher genannten Feuerballen (S. 114) können zuweilen denselben Zweck, Vertreibung des Feindes aus Casematten 2c., erfüllen. Die sogenannten Desinfectionsschwärmer, welche durch Entwicklung schwefliger Säure desinficirend wirken sollen, bestehen aus 58 Thln. Salpeter, 36 Thln. Schwefel und 3 Thln. feiner Kohle.

Feuerlöschdosen.

Nahe verwandt mit den zuletzt genannten Sätzen, sowohl ihrer Zusammensetzung, als ihrer Bestimmung nach, sind die in den Handel gebrachten Feuerlöschdosen. Dieselben sollen, in einem möglichst geschlossenen Raume angezündet, einmal durch die erzeugte Wärme die Luft verdünnen, und sodann durch Entwicklung von schwefliger Säure, Kohlensäure und Stickstoff feuererstickend wirken. Die Zusammensetzung der Bucher'schen Löschdosen ist nach verschiedenen Analysen folgende:

	Nach Wittstein[1])	nach Schweizer[2])	nach Heeren[3])
Kalisalpeter	60	58,53	63,73
Schwefel	36	36,33	28,93
Kohle	4	3,14	3,80
Sand	—	0,75	—
Eisenoxyd	—	1,25	3,54

1 Kg der Masse entwickelt durchschnittlich 298 l schweflige Säure, 68 l Kohlensäure und 84 l Stickstoff.

Von dem Bucher'schen Löschmittel kaum verschieden ist das von Zeisler[4]) empfohlene, welches aus 60 Thln. Salpeter, 36 Thln. Schwefel und 4 Thln. Kohle besteht und noch Kalkzusatz erhält.

Zur Bereitung werden die Ingredienzien zerkleinert, gemengt und in Papphülsen sehr fest eingestampft. Bei einem Brande in einem Zimmer werden die

[1]) Jahresber. 1857, S. 133. — [2]) Ibid. 1858, S. 171. — [3]) Ibid. 1859, S. 186 ff. — [4]) Jahresber. 1865, S. 315.

Digitized by Google

Dosen (und zwar 1 Kg auf circa 15 cbm Raum) ins Feuer geworfen; sie entzünden sich leicht. Einen trefflichen Erfolg hatten dieselben bei dem Brande eines Wachstuchlagers [1]). Heeren [2]) gelangte nach Versuchen zu weniger günstigen Resultaten über die Brauchbarkeit der Löschdosen in Fällen des gewöhnlichen Lebens. Er hält den Erfolg nur dann für sicher, wenn sie in kleinen, gut verschließbaren Räumen zur Anwendung gelangen. Auch empfiehlt er größte Vorsicht wegen der Entwicklung irrespirabler Gase, welche das Leben der Bewohner unter Umständen gefährden können [3]).

Brandsätze.

Der Wirkung der zuletzt behandelten Sätze entgegengesetzt ist die der Brandsätze, welche nur für die Kriegsfeuerwerkerei von Bedeutung sind. Da dieselben zum Entzünden von Holz ꝛc. dienen sollen, müssen sie mit einer lange andauernden, heißen Flamme verbrennen. Die gewöhnlichen Feuerwerkssätze, z. B. grauer Satz, müssen zur Erreichung dieses Zweckes mit langsamer brennenden Stoffen, wie Pech, Theer, Harz, Werg, Steinöl, Terpentinöl ꝛc. versetzt werden. Entweder gelangen die Brandsätze in Geschossen, Brandgranaten oder Bomben, zur Anwenwendung, sollen also ein entferntes Ziel in Brand setzen, oder sie wirken auf ein nahe gelegenes direct ein. Hierher gehören die Brandkränze: Tonnenreifen (von etwa 24 cm Durchmesser), welche mit Werg umwickelt mehrere Male in geschmolzenes Pech, dem Theer zugesetzt ist, getaucht und sodann stark mit Zehrungssatz, aus 80 Thln. grauem Satz und 20 Thln. Mehlpulver bestehend, eingepudert werden. Ein guter Brandkranz soll eine halbe Stunde lang mit heftiger Flamme brennen.

Der Satz, mit welchem Brandgeschosse gefüllt werden, besteht nach der preußischen Vorschrift aus 76 Thln. grauem Satz und 24 Thln. Colophonium; man trägt in das geschmolzene Colophonium den ersteren portionsweise ein. Nach bayerischer Vorschrift wird zur Füllung von Brandbomben das sogenannte Warmgeschmolzenzeug (bestehend aus 22 Thln. Salpeter, 22 Thln. Schwefel und 3 3/4 Thln. Mehlpulver) mit Geschütz- und Mehlpulver benutzt.

---

[1]) Jahresber. 1863, S. 318. — [2]) Ibid. 1859, 186. — [3]) Die anderen zur Bekämpfung des Feuers angewandten Mittel beruhen theils auf demselben Princip, wie die Löschdosen, theils ist bei ihnen dasselbe mit dem der Abkühlung verknüpft. In diesem Sinne wirken die sogenannten Erstincteure oder Feuerlöschkessel: abzuschließende Eisenblechcylinder, in denen durch verschiedene Agentien, wie Weinsäure und doppeltkohlensaures Natron [Dingler, polyt. Journ. **180**, 199 (Cartier)], kohlensaurer Kalk und verdünnte Schwefelsäure (Deutsche Ind.-Zeitg. 1867, S. 118 u. 178), eine bedeutende Menge Kohlensäure entwickelt wird. Dieselbe wird von der Flüssigkeit größtentheils absorbirt; der mächtige Druck, welcher im Innern herrscht, treibt beim Oeffnen des Ausflußrohres das Wasser heraus, welches abkühlend und durch Abgabe seiner Kohlensäure feuererstickend wirkt. Bei dem Verdampfen des Wassers hinterläßt die aus dem Erstincteur auf die brennenden Gegenstände gespritzte Lösung eine Salzdecke, welche die Wiederentzündung derselben bedeutend erschwert. Ueber andere Löschmittel, namentlich Wasserdampf s. Dingler, polyt. Journ. **150**, 317 u. **160**, 114.

Digitized by Google

Flüssige Feuer.

Dieselben sind häufig zu gleichem Zwecke, wie die Brandsätze, empfohlen und angewendet worden. Die zur Entzündung von Torpedoladungen versuchten Mischungen, wie die von Niépce: Benzol (oder Petroleum, Schwefelkohlenstoff) mit Kalium oder Phosphorcalcium, sowie die Natriumzündmasse von Fleck[1]), gerathen durch den mechanisch herbeigeführten Contact des Wassers mit Kalium, Phosphorcalcium, Natrium in Brand. Eine ähnliche auf der durch Berührung eingeleiteten chemischen Reaction beruhende Zündungsvorrichtung ist früher schon besprochen worden (s. S. 12 u. 107).

Unter der Bezeichnung Fenianfeuer (auch liquid fire) wurde im letzten amerikanischen Kriege eine Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff angewendet. Verdunstete der letztere, so fing der zurückbleibende, feinzertheilte Phosphor Feuer. Darapsky[2]) hat Versuche angestellt, die Composition (3 Thle. Phosphor in 1,3 Thle. Schwefelkohlenstoff) als Füllung von Brandgeschossen zu verwerthen. Er constatirte, daß Gußeisen von derselben nicht angegriffen werde und brachte zur Erhöhung der zündenden Wirkung in einer Thierblase Camphin oder Petroleum mit einem Brandsatze in die Mischung. Darapsky glaubt den so bereiteten Geschossen eine besondere Bedeutung im Seekriege zuschreiben zu sollen, da die Feuersgefahr auch nach vorläufigem Löschen keineswegs beseitigt sei.

Niklès[3]) bezeichnet eine Mischung von Chlorschwefel mit phosphorhaltigem Schwefelkohlenstoff als lothringisches Feuer (feu lorrain); dieselbe entzündet sich sofort, wenn Ammoniakflüssigkeit mit ihr in Berührung gebracht wird, unter Ausgabe dicker, rother Dämpfe. Dreifachchlorphosphor verhält sich ähnlich, wenn er mit Ammoniak oder Schwefelammonium gemischt wird. Nach P. Guyot[4]) läßt sich Bromschwefel genau wie Chlorschwefel verwenden, nur ist seine Wirkung langsamer, für den Experimentator weniger gefährlich.

Nach Sophronius[5]) bewirkt ein Gemisch von 3 Thln. starker Schwefelsäure und 2 Thln. übermangansaurem Kali die sichere Entzündung vieler organischer Körper, wie Terpentinöl, Papier, Holz 2c.

Analytische Prüfung der Feuerwerkssätze.

Bei der analytischen (qualitativen, sowie quantitativen) Untersuchung der Feuerwerkssätze wird nach Bolley im Allgemeinen folgender Gang eingehalten: Einige Gramme der Masse werden mit Wasser ausgelaugt und in dieser Lösung nach bekannten Methoden die verschiedenen löslichen Bestandtheile, wie Kupfer, Barium, Strontium, Calcium, Kalium, Natrium, Ammoniak, Salpetersäure, Schwefelsäure, Chlorsäure nachgewiesen resp. quantitativ bestimmt. Aus dem

---

[1]) Dingler, polyt. Journ. **190**, 306; vergl. auch Springmühl, Dingler, polyt. Journ. **201**, 54 und Reiche, ibid. **202**, 538. — [2]) Dingler, polyt. Journ. **178**, 279 ff. — [3]) Jahresber. 1869, S. 268; vergl. auch Guyot, Dingler, polyt. Journ. **206**, 78. — [4]) Jahresber. 1871, S. 311. — [5]) Deutsche Ind.-Zeitg. 1867, S. 36.

Digitized by Google

Rückstande werden mit heißem Alkohol harzige ꝛc. Gemengtheile ausgezogen und können aus der weingeistigen Lösung mit Wasser ausgefällt werden. Der nach Behandlung mit Wasser und Alkohol übrig gebliebene Theil wird mit starker Salzsäure behandelt, um Metalle (Zink, Eisen, Kupfer), Schwefelantimon, kohlensaure Salze (von Barium, Calcium, Kupfer) zu lösen. Der Rückstand endlich kann noch Schwefel, Kohle und organische, in Alkohol unlösliche Stoffe enthalten.

Der hiermit beendigte dritte Abschnitt hat vorwiegend Gegenstände der Kriegsfeuerwerkerei, zu welcher alle Arten von Zündungen zu rechnen sind, in zweiter Linie die Lustfeuerwerkerei behandelt. Während diese wesentlich nur den Zweck zu erfüllen hat, dem Auge wohlgefällige Erscheinungen vorzuführen und auf diese Weise Vergnügen zu erregen, verfolgt jene weit höhere, ernstere Ziele. Die Kriegsfeuerwerkerei im weiteren Sinne umfaßt außer den in diesem Abschnitte dargestellten Gegenständen die Fabrikation des Schießpulvers (s. erste Abtheilung 3. Gruppe, Bd. VI dieses Werkes) und die Verarbeitung desselben zu Kriegsmunition. Nicht lange wird es währen, daß die wichtigeren Explosivstoffe, wie Schießwolle und Nitroglycerinpräparate, in ihr Bereich gezogen werden. In späteren Handbüchern der Kriegsfeuerwerkerei werden ohne Zweifel diese einer vielseitigen Anwendung fähigen Körper die verdiente Berücksichtigung finden.

Digitized by Google

Anhang.

Nachweisung der bei der Bearbeitung benutzten größeren Werke.

Muspratt, Theoret. prakt. und analytische Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe, frei bearbeitet von Br. Kerl und Stohmann. Bd. IV, S. 431 ff., S. 1038 ff., S. 1087 ff., S. 1209 ff., S. 1729 ff.; Bd. VI, S. 297 ff.

J. R. Wagner, Hand- und Lehrbuch der chem. Technologie 1858 Bd. I, S. 494 ff.; Bd. II, S. 106 ff.

A. Rutzky, Theorie der Schießpräparate und die Geschoßbewegung in den Feuerwaffen. Wien 1869.

A. Rutzky und von Grahl, Das gezogene Schießwoll-Feld- und Gebirgsgeschütz. Wien 1862.

J. Trauzl, Ueber explosive Nitrilverbindungen, insbesondere Dynamit. Wien 1870.

Berthelot, Force de la poudre et des matière explosives. Paris 1871.

Busch und Hoffmann, Die Kriegsfeuerwerkerei der Königl. Preuß. Artillerie.

Handbuch für die Officiere der Königl. Preuß. Artillerie.

M. Meyer, Lehrbuch der Pyrotechnik. 1840.

M. Websky, Die Luftfeuerwerkkunst.

Digitized by Google

Berichtigung.

Seite 16 in der Ueberschrift des ersten Capitels statt Guncolton lies Guncotten.
Seite 40, Z. 21 v. o. statt S. 2 lies S. 110.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY OVERDUE.

APR 20 1940

3 May'56HJ

MAY 9 - 1956 LU

NOV 10 1970 08

REC'D LD NOV 15 70 -7 PM 9 7

NOV 29 1970 85

REC'D LD DEC 8 70 -7 PM 4 7

MAR 3 1971 85

APR 1 1971

APR 15 1971 03

REC'D LD APR 16 71 -12 AM

JAN 29 1984

REC. CIR. DEC 20 '83

LD 21-100m-7,'39(402s)

YC 18440

Digitized by Google

Digitized by Google